

Polish Academy of Sciences
University of Engineering and Economics in Rzeszów

MOTROL

**COMMISSION OF MOTORIZATION AND ENERGETICS
IN AGRICULTURE**

AN INTERNATIONAL JOURNAL
ON OPERATION OF FARM AND AGRI-FOOD INDUSTRY MACHINERY

Vol. 15, No 4

LUBLIN – RZESZÓW 2013

Editor-in-Chief: Eugeniusz Krasowski
Assistant Editor: Jerzy Grudziński

Associate Editors

1. Agricultural machinery: *Valeriy Dubrovin*, Kiev, *Mariusz Szymanek*, Lublin
2. Machinery of agri-food industry: *Leszek Mościcki*, Lublin
3. Energetics: *Iliia Nikolenko*, Simferopol, *Janusz Wojdalski*, Warszawa
4. Land management, urban planning, architecture and geodesy: *Karol Noga*, Kraków, *Roman Kadaj*, Rzeszów, *Michał Proksa*, Rzeszów, *Lech Lichołaj*, Rzeszów
5. Mathematical, statistics: *Andrzej Kornacki*, Lublin, *Rostisław Bun*, Lviv

Editorial Board

Dariusz Andrejko, Lublin, Poland	Janusz Mysłowski, Szczecin, Poland
Andrzej Baliński, Kraków, Poland	Ignacy Niedziółka, Lublin, Poland
Volodymyr Bulgakow, Kiev, Ukraine	Paweł Nosko, Lugansk, Ukraine
Zbigniew Burski, Lublin, Poland	Gennadij Oborski, Odessa, Ukraine
Karol Cupiał, Częstochowa, Poland	Yurij Osenin, Lugansk, Ukraine
Aleksander Dashchenko, Odessa, Ukraine	Marian Panasiewicz, Lublin, Poland
Kazimierz Dreszer, Lublin, Poland	Sergiej Pastushenko, Mykolayiv,
Valeriy Dyadychev, Kiev, Ukraine	Iwan Rohowski, Kiev, Ukraine
Dariusz Dziki, Lublin, Poland	Józef Sawa, Lublin, Poland
Stepan Epoyan, Kharkiv, Ukraine	Povilas A. Sirvydas, Kaunas, Lithuania
Sergiej Fedorkin, Simferopol, Ukraine	Wołodymyr Snitynskiy, Lviv, Ukraine
Jan Gliński, Lublin, Poland	Jerzy Sobczak, Kraków, Poland
Dimitriy Goncharenko, Kharkiv, Ukraine	Stanisław Sosnowski, Rzeszów, Poland
Aleksandr Hołubenko, Lugansk, Ukraine	Ludvikas Spokas, Kaunas, Lithuania
L.P.B.M. Jonssen, Groningen, Holland	Jarosław Stryczek, Wrocław, Poland
Stepan Kovalyshyn, Lviv, Ukraine	Aleksander Sydoruk, Kiev, Ukraine
Józef Kowalczyk, Lublin, Poland	Wojciech Tanaś, Lublin, Poland
Elżbieta Kusińska, Lublin, Poland	Viktor Tarasenko, Simferopol, Ukraine
Andrzej Kusz, Lublin, Poland	Giorgiy F. Tayanowski, Minsk, Belarus
Janusz Laskowski, Lublin, Poland	Leonid Tishchenko, Kharkiv, Ukraine
Nikołaj Lubomirski, Simferopol, Ukraine	Henryk Tylicki, Bydgoszcz, Poland
Kazimierz Lejda, Rzeszów, Poland	Denis Viesturs, Ulbrok, Latvia
Dmytro Melnychuk, Kiev, Ukraine	Dmytro Voytiuk, Kiev, Ukraine
Jerzy Merkiś, Poznań, Poland	Anatolij Yakovenko, Odessa, Ukraine
Ryszard Michalski, Olsztyn, Poland	Oleg Zaitsev, Simferopol, Ukraine
Aleksander Morozov, Simferopol, Ukraine	Tadeusz Złoto, Częstochowa, Poland

All the scientific articles positive evaluations by independent reviewers

Linguistic consultant: Stepan Kovalyshyn

Typeset: Hanna Krasowska-Kołodziej, Dmytro Kuzenko

Cover design: Hanna Krasowska-Kołodziej

Photo on the cover: Janusz Laskowski

Editorial Office address: Commission of Motorization and Energetics in Agriculture

Wielkopolska Str. 62, 20-725 Lublin, Poland

e-mail: eugeniusz.krasowski@up.lublin.pl

ISSN 1730-8658

© Copyright by Polish Academy of Sciences 2013

© Copyright by University of Engineering and Economics in Rzeszów 2013

In co-operation with Lviv National Agrarian University in Dublany 2013

Edition 200 + 16 egz.

РЕСУРСЫ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ КОМПЛЕКСНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ РАПСА НА БИОДИЗЕЛЬ

Владимир Степановый, Игорь Флыс

Львовский национальный аграрный университет

г. Дубляны, ул.Владимира Великого 1

Volodymyr Stepanyu, Ihor Flys

Lviv National Agrarian University

Аннотация. В статье рассмотрены и проанализированы те виды ресурсов, которые необходимы для реализации инновационных проектов создания аграрных формирований для комплексного выращивания и переработки рапса на биодизель в существующей проектной среде. Сформулированы требования к эффективному использованию ресурсов проекта. Обоснованы принципы прогнозирования ориентировочных показателей эффективной работы сельскохозяйственных предприятий по комплексному выращиванию и переработке рапса на биодизель после внедрения таких инновационных проектов.

Ключевые слова : инновационный проект, ресурсы, рапс, выращивание, переработка, биодизель.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В современных рыночных условиях для достижения высоких экономических результатов деятельности сельскохозяйственных предприятий ведущую роль играет совершенствование механизма рационального использования необходимых производственных ресурсов. Этот процесс, который должен быть начат еще на стадии разработки эффективной системы управления проектами создания современных сельскохозяйственных предприятий, не ограничивается только целью сокращения затрат финансовых ресурсов и времени на их внедрение, но и должен обеспечить повышение конкурентоспособности их продукции, а потому и доходов.

Управление проектом сельскохозяйственного предприятия (СХП) - это динамический процесс, включающий управленческие методы и процедуры, целью которых является обеспечение устойчивого экономического развития создаваемого СХП [1, 2].

В этом процессе большое внимание уделяется ретроспективному анализу деятельности действующих СХП, который позволяет

определить их основные показатели в прошлом [3]. Но большинство определенных таким способом параметров функционирования СХП непосредственно не указывает на перспективы будущего роста прибыли после внедрения инновационного проекта. В такой ситуации определение критериев развития СХП должно базироваться на основе анализа прошлых данных, в сочетании с четким представлением о возможных альтернативах и сценарии будущих событий, а также интуитивных методах принятия управленческих решений в проекте.

Все это определяет стратегию управления инновационными проектами сельскохозяйственных предприятий, в т.ч. инновационными проектами комплексного выращивания и переработки рапса на биодизель.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Главной причиной интенсивного роста объемов производства рапса и его переработки на масло является то, что полученное масляное сырье, преимущественно, используют для производства биодизеля. Украина на данный момент не имеет крупных мощностей по производству биодизеля. Однако, в государстве есть все шансы для того, чтобы выращенный в СХП рапс не экспортировался за границу, а использовался для переработки в биодизель в областях выращивания, что значительно выгоднее.

Потребность украинского рынка в дизельном топливе оценивается на уровне 6,5 млн. тонн на год [3]. Как известно, удовлетворение потребности в минеральном дизельном топливе не обеспечивается собственным производством, а следовательно, зависит от импорта (в Украине ежегодно завозится 85% сырой нефти и нефтепродуктов). Цена на последнее постоянно растет, что увеличивает себестоимость всех товаров

и услуг, и, соответственно, снижает эффективность производства СХП. Для изменения неблагоприятной ситуации в этой сфере необходимо, чтобы сельскохозяйственное производство перешло в режим самообеспечения, в первую очередь, синтетическим дизельным топливом.

Выращивание рапса, как показывает опыт развитых стран мира - это уникальная отрасль для получения не только продовольственных продуктов, но и обеспечение сырьем для производства энергетических ресурсов, в которых остро нуждается отечественная экономика [4, 5]. Развитие этой отрасли обусловлено имеющимся ресурсно-техническим обеспечением и уровнем его эффективного использования [6, 7]. Реальная оценка обеспеченности ресурсами производства и переработки рапса дает возможность разработать стратегическое направление устойчивого развития отрасли и определить требования для ее обеспечения [8].

Исследователи всегда проявляли интерес к проблеме ресурсного обеспечения СХП, сельскохозяйственного производства и переработки рапса в частности. Весомый вклад в исследование общетеоретических и практических аспектов этой проблемы сделали: М. В. Калинин, М. Ю. Коденская, М. И. Малик, В. И. Мацибора, В. П. Мертенс, А. А. Митченко, В. Я. Месель-Веселяк, С. И. Мельник, В. А. Павчак, П. П. Руснак, П. Т. Саблук, А. Б. Супиханов, В. М. Трегобчук, В. И. Шиян, А. Н. Шпичак и др.

Государственная программа развития аграрной отрасли и перспективы развития аграрной инженерии изложены в публикациях [9, 10]. Проектный менеджмент находит все более широкое применение в агропромышленном комплексе Украины, о чем свидетельствуют результаты научных исследований многих ученых [11, 12, 13, 14].

Научные принципы управления проектами давно разрабатываются как в Украине [1, 15, 16, 17], так и в мире [18, 19]. Теоретические положения о формировании функциональных структур СХП и перерабатывающих предприятий [21], научные и практические аспекты комплексного выращивания и переработки продукции в СХП рассмотрены в работах [22, 23, 24]

Однако, несмотря на имеющийся научный задел, проблемы ресурсного обеспечения производства и переработки рапса, методы управления этой категорией в инновационных проектах еще недостаточно исследованы как в теоретико-методологическом, так и в практическом аспекте. В частности требуются научных исследований технико-экономическое обоснование необходимых ресурсов и управления ими в проектах производства и переработки рапса на биодизель, с учетом природно-климатических условий и ресурсного потенциала отдельных регионов.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В управлении проектами важной задачей считаем оценку ресурсов, которые необходимы для успеха проекта. Поэтому целью данного исследования является критический анализ видов ресурсов для инновационных проектов комплексного выращивания и переработки рапса на биодизель в проектной среде современных агрофирм и обоснование принципов прогнозирования ориентированных показателей эффективной работы таких новаторских сельскохозяйственных предприятий в их проектах.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

По состоянию на начало 2012 года в Украине насчитывалось 56493 сельскохозяйственных предприятий разной производственной мощности и 21585,9 тыс. га сельскохозяйственных угодий. Действующие СХП самостоятельно, систематически, на собственный риск работают над производством сельскохозяйственной продукции, выполняют другие работы, предоставляют услуги с целью получения прибыли, в порядке, что установлен действующим законодательством Украины [4].

Львиная доля СХП обрабатывает площадь до 50 га сельскохозяйственных угодий. Это наиболее не защищенные предприятия, у них, как правило, техника морально и физически устарела, а поэтому - большая часть урожая остается на полях в виде потерь.

Другая часть - это предприятия хорошо обеспеченные кадрами и современной техникой, преимущественно зарубежного производства, и на них ориентируются импорте-

ры запчастей для сельскохозяйственной техники. Существует проблема в обеспечении современной сельскохозяйственной техникой малых СХП, которые не могут себе позволить приобрести комбайн стоимостью 500 тыс. USD.

Поэтому будущее аграрного сектора страны зависит от современных агрохолдингов, которые своими производственными мощностями и ресурсами, могут обеспечить достойную обработку украинских черноземов.

С увеличением мощностей СХП увеличивается риск от непрофессионального управления проектом, где незначительная погрешность может вызвать большие потери. На помощь в этом приходит наука об управлении проектами.

Если брать крупные агропредприятия, как проектную среду для комплексного выращивания и переработки рапса в биодизель, то нам нужно обратить внимание на ресурсы таких проектов. Эти ресурсы делят на шесть основных типов:

- ✓ трудовые ;
- ✓ материальные ;
- ✓ финансовые ;
- ✓ информационные ;
- ✓ интеллектуальные ;
- ✓ ресурсы платформы.

1. Трудовые ресурсы состоят из персонала проекта (команда проекта и временный штат работников), а также работников генерального подрядчика и субподрядчиков.

2. Материальные ресурсы включают машины, механизмы, материалы и сырье, необходимые для реализации проекта.

3. Финансовые ресурсы являются источником получения капитала и фондов для выполнения запланированных работ и действий по реализации проекта.

4. Информационные ресурсы охватывают основные сведения, информацию и данные, необходимые для принятия решений и формирования знаний в проекте.

5. Интеллектуальные ресурсы состоят из знаний о методах, моделях, приемах, ноу-хау, инновациях, навыках и услугах, используемые при внедрении проекта.

6. Ресурсы платформы (инфраструктура) - это услуги, включающие системные модели и информационные сети, которые являются базой для управления проектом [1, 2].

Для эффективного использования ресурсов любого проекта, в том числе и проекта по комплексному выращиванию и переработки рапса на биодизель в проектной среде современных агрофирм необходимо четко придерживаться следующих требований:

1) каждый работник должен знать свои непосредственные обязанности в проекте и подчиняться только одному руководителю;

2) работа членов штата проекта не должна дублироваться;

3) требуется надлежащий контроль на промежуточных и завершающих этапах выполнения работ и действий, выполняемых согласно плану проекта;

4) необходимо обеспечение техникой, материалами, ресурсами всех видов работ, согласования и эффективное распределение на различных операциях;

5) важно владение информацией в полном объеме о проекте, формирование статистических данных по всем использованным ресурсам, для их оптимизации в следующих работах;

6) нужен постоянный поиск и применение в проекте новых методов, моделей, приемов, ноу-хау, инноваций;

7) транспортные перевозки должны формироваться с максимально полезной нагрузкой и наименьшими затратами времени и топлива с широким использованием логистических методов;

8) должно быть широкое использование системных моделей и информационных сетей, как базы для управления проектом.

С целью обеспечения эффективной деятельности СХП существует необходимость разработки и внедрения в их проектах системы прогнозирования основных экономических показателей.

Считаем, что процесс прогнозирования финансово-экономических и производственных показателей деятельности современных агрофирм в инновационных проектах комплексного выращивания и переработки рапса на биодизель в существующей проектной среде должен базироваться на следующих принципах [6, 13, 22]:

1) целеустремленность - содержательное описание поставленных исследовательских целей и задач;

2) системность - построение прогноза на основании системы методов и моделей, что характеризуются определенной иерархией и последовательностью;

3) научная обоснованность – всесторонний учет требований объективных законов развития общества, использование мирового опыта;

4) многоуровневый анализ - описание объекта как целостного явления и одновременно как составного элемента более сложной системы;

5) информационное единство – использование информации на одинаковом уровне обобщения и целостности признаков;

6) адекватность - соответствие объективными закономерностям развития – выявление и оценка устойчивых взаимосвязей и тенденций развития объекта;

7) последовательное решение неопределенности - итеративная процедура продвижения от обнаружения целей и условий, сложившихся к определению возможных направлений развития;

8) альтернативность - выявление возможности развития объекта при условии различных траекторий, различных взаимосвязей и структурных соотношений.

При этом одним из важнейших направлений прогнозирования в инновационных проектах является определение ориентированных показателей эффективной работы создаваемых агрофирм по комплексному выращиванию и переработке рапса на биодизель в существующей проектной среде.

Однако считаем, что система таких расчетов должна включать в себя ретроспективный анализ производственно-хозяйственной деятельности сельскохозяйственных предприятий, где основными объектами оценки должны выступать расходы и доходы по всем видам продукции за период наблюдения, а также общие финансовые результаты деятельности в каждой конкретной проектной среде.

ВЫВОДЫ

Всесторонняя и объективная оценка эффективности использования ресурсов в инновационных проектах комплексного выращивания и переработки рапса на биодизель в проектной среде и учет принципов прогно-

зирования ориентировочных показателей эффективной работы сельскохозяйственных предприятий, основанная на ретроспективном анализе, приведут к успеху проектов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Bushuyev S.D., Morozov V.V. 2000 . Dynamic leadership in the projects management: Monograph .- 2-th publ. - К., 312.
2. Guidance on a management innovative projects and programs:v.1, version 1.2 / prof. S. D. Bushuyev. – К. : Sciences. world, 2009, 173.
3. Agriculture of Ukraine. Statistical collection / edited by Yu. M. Ostapchuk. К.: Government service of statistics of Ukraine, 2011, 384.
4. Lykhochvor V.V. 2002. Plant-grower. Technologies of agricultural cultures growing : Ukr. technologies, 800.
5. Sydorchuk O., Senchuk S., Lub P., Tatomyr A., Burylko A. 2005. Method for determining crop losses due to delays in implementation of mechanized farming processes / MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Odessa, Vol.7. 87-91.
6. Sydorchuk O.V. 2005. Scientific principles of creation of the programs the system guided agricultural production. Announcer of Lviv State Agrar. Un-ty: Agroengineering's researches. №9, 3-8.
7. Bilousko Ya.K. 2008. Statesupport of the technical-technological retooling of agrarian production. К.: NNCAIE, 56.
8. <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/698-12>.
9. About claim of the Government having a special purpose program of realization of technical policy in an agroindustrial complex on a period to 2015 year: Decision of Cabinet of Ministry of Ukraine №785 from 30.06.2007. – К.: CMU, 2007, 11.
10. Dryncha V.M. 2002. Prospects of development of the agrarian engineering in XXI age // Mechanization and electrification of agriculture. – Glevakha : NNC «IMESKH», Vol. 86, 65-71.
11. Sydorchuk O., Sydorchuk L., Tatomyr A. 2008. Grounding of the main tasks the project management of power supply for rural power consumers // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol.10. 122-125.
12. Tatomyr A.V. 2007. A configuration management in the projects // MOTROL. Commis-

- sion of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 9A. 89-94.
13. Rybak A.I. 2006. The project oriented management in enterprise/ Announcer of NUK. – Mikolajiv : NUK,– №5/1 (410), 1-36.
14. Flys Ihor. 2011. Scientific and practical aspects of project management for production and reprocessing complexes // TEKA / Polish academy of sciences // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 11. 83-91.
15. Flys Ihor. 2010. Engineer project management of production and processing complexes // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture - Lublin, Vol. 12. 75-81.
16. Bushuev S. 2010. Mechanisms for generating value activity design driver organizations// East-European Journal of advanced technologies. - 1/2 (43), 4-9.
17. Batenko L.P. 2003. Management projects. – K. : KNEU, 231.
18. Kobilyacky L.S. 2002. Management projects . – K.: MAUP, 200.
19. Dictionary-reference book on questions of management projects / Bushuyev S. D. – K.: Dilova Ukraina, 640.
20. World of management projects: Bases, methods, organization, applications / Kh. Reshke. – M.: Alans, 1994, 304.
21. Orr A.D. 2006. Projects management – Dnepropetrovsk : Balance Business of Buks,– 210.
22. Flys I. 2005. Engineering complexity of processing of agricultural raw materials// Announcer of Lviv State Agrar. Un-ty: Agroengineering's researches. – Lviv : Lviv State Agrar. Un-ty, – №9, 65-69.
23. Sydorchuk O.V. 2004. A functional structure of reprocessing enterprises in their projects // Announcer of Lviv State Agrar. Un-ty: Agroengineering's researches. – Lviv: Lviv State Agrar. Un-ty– №8, 82-88.
24. Flys Ihor. 2011. Scientific and methodological principles of resource production and processing systems // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 13D. 109-113.
25. Flys I. 2011. Scientific and practical aspects for production and reprocessing complexes// TEKA /Polish academy of sciences// MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 11. 83-91.
26. Flys I. 2012. Scientific and methodological problems in management innovative projects creation of production and reprocessing// MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 14-4. 91-96.

RESOURCES OF INNOVATIVE PROJECTS OF COMPLEX RAPE GROWING AND REPROCESSING TO BIOTDIESEL

Summary. The types of resources which are needed for realization of innovative projects of creation of the agrarian formings for the complex growing and reprocessing rape to a biodiesel in an existent project environment have been considered and analyzed in the article. The requirements for the effective use of project resources have been formulated. The principles of prognostication of the oriented indexes of effective work of agricultural enterprises from the complex growing and reprocessing rape to a biodiesel after introduction of such innovative projects have been grounded.

Key words: project, resources, raps, cultivation, reprocessing, biodiesel.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОЛУЧЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ ГРИБНЫХ ПОЛИСАХАРИДОВ В ОРГАНИЧЕСКОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ

¹Максим Мельничук, ¹Валерий Дубровин, ¹Геннадий Голуб,
¹Виктор Теслюк, ²Виктор Барановский

¹ - Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

² - Тернопольский национальный технический университет имени Ивана Пулюя

¹г. Киев, ул. Героев Оборона 15, ²г. Тернополь, ул. Руська 5б

¹Maksym Melnychuk, ¹Hennadiy Golub, ¹Valeriy Dubrovin,

¹Viktor Teslyuk, ¹Viktor Baranovsky

¹ - National University of Life and Environmental Sciences t Ukraine

² - Ternopil National Technical University Pul'uj

Аннотация. Установлено, что одним из эффективных и новых направлений защиты растений от болезней есть индуцирование их защитных механизмов. Изучены разные вещества, которые имеют элиситорные свойства и определено, что перспективным является применение хитина и его производных. Доступным источником получения хитина и глюканов могут быть грибы. Обосновано технологию получения микобиопрепарата на основе грибных глюканов и обоснована биологическая эффективность применения его на разных сельскохозяйственных культурах.

Ключевые слова: защита растений, хитин, глюканы, болезни, грибы, техническая эффективность, микобиопрепарат, урожайность.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Известно, что сельскохозяйственные растения в период своего роста постоянно находятся в условиях экологического стресса, вызванного как объективными, так и субъективными факторами. Они растут в условиях негативного влияния вредных патогенов, нерегламентированного внесения пестицидов и удобрений, а также других неблагоприятных факторов. Для выживания растения включают механизмы защитных реакций, но при сочетании негативных воздействий, растение самостоятельно противостоять им не может, что приводит к уменьшению около 30% и более урожайности [1, 2]. Поэтому применение химических пестицидов против вредителей и болезней стало обязательным элементом технологии выращивания сельскохозяйственных культур. Однако, эта мера почти всегда сопровождается негативными побочными явлениями, накоплен-

ем токсичных веществ в продуктах питания и окружающей среде и уничтожением полезных организмов (рыб, пчел, птиц и др.) и микроорганизмов, что приводит к нарушению равновесия в экосистемах [3,4,5].

Синтетические препараты можно заменить эффективными биопрепаратами бактериального происхождения, но разработка, создание и производство их в Украине и даже в мире только начинается. Сельхозпроизводителей не удовлетворяет ни ассортимент, ни качество, ни цена микробиологических препаратов, ведь получение таких препаратов на существующих в Украине биопроизводствах осуществляется преимущественно на устаревшем оборудовании [6,7,8]. Производство новых биологических препаратов является фрагментарным, не систематизировано. Сейчас они, как самостоятельное мероприятие, характеризуются невысокой эффективностью и стабильностью действия, но вместе с тем в интегрированной системе защиты растений является положительным дополнением, позволяет достичь желаемого результата уменьшения пестицидной нагрузки на растения и окружающую среду. Основной причиной игнорирования применения биопрепаратов является низкая культура земледелия, так как технология их использования требует ответственного подхода специалистов сельскохозяйственных предприятий, вызывает дополнительные затраты.

Способом уменьшения влияния вредных факторов на производительность и качество сельскохозяйственных культур, на который тратятся значительные средства, является создание новых болезнестойчивых сортов. Это дает положительный результат, однако, к сожалению, патогенные микроорганизмы

приспосабливаются к новым сортам значительно быстрее, чем они создаются [9].

Развивая различные подходы к решению глобальной проблемы защиты растений от болезней, на что тратятся большие средства для уменьшения потерь урожая, биологи все больше внимания уделяют генетическому потенциалу устойчивости, не реализованный культурным растением в условиях экологического стресса. Это побудило к поиску новых методов защиты растений от болезней, которые существенно отличаются от традиционных.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Новое направление в разработке мер и способов защиты растений от болезней возникло после углубленного изучения взаимоотношений между растением и паразитом [10, 11, 12]. У каждого растения есть мощный арсенал защитных механизмов от паразитических микроорганизмов, но большинство из них в процессе окультуривания потеряло способность своевременно включать защитные механизмы собственного иммунитета против патогенов.

Защитные реакции растений могут возникать после обработки их специальными веществами индукторами болезнеустойчивости - элиситорами. Такими факторами могут быть различные неорганические химические соединения, ослабленные штаммы живых патогенных микроорганизмов или биомасса убитых микроорганизмов, а также целый ряд биогенных органических соединений из разных классов [13, 14, 15]. Среди основных недостатков, которые ограничивают использование этого способа, является высокая эффективная концентрация препаратов, их нестабильность при длительном хранении и низкая эффективность применения. Бывают также случаи реверсии таких штаммов микроорганизмов к дикому вирулентному состоянию. Поэтому считают, что наиболее перспективными для создания эффективных средств защиты растений является применение элиситоров биогенного происхождения, которые найдены в разных группах организмов - в бактериях, вирусах, растениях, среди которых богатыми на такие соединения есть грибы.

В последнее десятилетие широкое развитие получило исследование элиситорных свойств полисахаридных олигомеров, таких как хитозан. Этот биополимер получают переработкой хитина животного или грибного происхождения. По биологической активности и технико-экономическим показателям он превосходит другие элиситоры и поэтому в разных странах были разработаны и появились на рынке ряд индукторов резистентности растений к болезням на основе хитозана [16, 17, 18].

В процессе их применения оказалось, что основными недостатками таких индукторов устойчивости растений к болезням является их недостаточно высокая эффективность и высокая цена, что не дает им возможности конкурировать с современными фунгицидами. Вообще, по оценкам специалистов, реальная эффективность коммерческих биопрепаратов достигает 70 - 80%. К тому же биологические препараты имеют ограниченный круг растений, в которых они способны эффективно повышать их устойчивость против патогенов, а также ограниченный круг возбудителей болезней, от которых они могут защитить. Поэтому биологические препараты занимают относительно небольшой сегмент рынка средств защиты растений (3 - 5%).

В результате проведения глубокого анализа индукторов устойчивости растений основное внимание было сосредоточено на изучении эффективности применения грибных глюканов, хитина и его производных как элиситоров, которые способны включать гены устойчивости и приводить к усиленному синтезу глюканаза и других фитоалексины.

Эти вещества не токсичны и действуют в очень малых концентрациях как сигнальные молекулы. Хитин природный азотсодержащий полисахарид, который широко распространен в природе и занимает второе место после целлюлозы. В природе он содержится в панцирях ракообразных, в крыльях насекомых и клеточных стенках грибов. Основным сырьем получения хитина есть брони крабов, но это очень дорогое сырье, поэтому для получения хитина используют клеточные стенки грибов, из которых можно получить хитин-глюкановые ком-

плексы (ХГК), в частности хитозан. Он имеет положительный заряд, что позволяет ему связываться с отрицательно заряженными поверхностями, такими как листья растений, волосяной покров и кожа человека и животного.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Цель работы заключалась в обосновании технологических основ получения и применения грибных полисахаридов для защиты сельскохозяйственных культур от болезней и стимуляции их роста в органическом земледелии.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Наши исследования были направлены на получение и изучение хитин-глюкановых комплексов (ХГК) из высших базидиальных грибов (*Fomes fomentarius* (L. Fr.) Gill.), которые широко распространены в природных условиях, что существенно улучшает технико-экономические показатели дальнейшего широкого внедрения. Анализ научной литературы показал, что технологии производства грибных биополимеров с афилофоральных древесоразрушающих грибов и биопрепаратов на их основе являются актуальными и перспективными [19, 20]. Поэтому научной задачей стоит углубленное изучение технической эффективности грибных полисахаридов и различных композиций на их основе для практического применения таких микобиопрепаратов в сельскохозяйственном производстве, особенно с учетом экологической безопасности композиций в органическом земледелии,

В основу получения ХГК из грибов было положено технологию экстрагирования биологически активных веществ из клеточной стенки грибов. Полученный грибной экстракт дополняли другими веществами, которые обладают иммуностимулирующими свойствами.

В результате разработанной технологии была получена биологически активная композиция на основе грибных глюканов, которая составила основу разработанных микобиопрепаратов [21].

Положительные результаты были получены при изучении технической эффективности применения различных композиций,

включающих глюкан-меланиновые комплексы и хитозан, для защиты от болезней гороха [22, 23]. Многолетние исследования микобиопрепарата и других композиций на его основе в лабораторных и полевых условиях против фитопатогенных организмов гороха показали также положительную эффективность против возбудителей корневых гнилей и пероноспороза.

Анализ результатов исследований эффективности микобиопрепарата на горохе сорта Богатырь чешский в Киевской обл. показывает, что по сравнению с эталоном (Витавакс 200ФФ, 2,5 л/т), энергия прорастания семян выросла на 5,4%, а полевая всхожесть на 18,8% [22]. На варианте, где семена обрабатывали микобиопрепаратом, растения имели высоту на 33,4% больше чем на контроле, и на 13,5% выше, чем на эталоне (Витавакс 200 ФФ). Положительные результаты получены и на других вариантах, где применяли композиции, в состав которых входил хитозан.

При учете пораженности гороха болезнями установлено, что растений пораженных корневыми гнилями и пероноспорозом на варианте с применением микобиопрепарата было на 20% и на 32,7% меньше по сравнению с контролем, соответственно развитие болезни было меньше на 14,5% и на 7,3%.

Техническая эффективность применения микобиопрепарата против корневых гнилей (*Fusarium* spp) в период всходов (11 этап ЕС) по сравнению с эталоном (Витавакс 200ФФ, 2,5 л/т) была в пределах ошибки, а в период цветения (61 этап ЕС) на 5% выше, против пероноспороза в эту фазу выше на 25,1%. В фазу налива бобов на вариантах, где применяли микобиопрепарат, по сравнению с эталоном, количество пораженных бобов было на 3,8%, меньше, а степень их поражения - на 6,5% меньше.

В результате анализа защитного действия препарата установлена очень ценная для защиты гороха системная, длительная устойчивость растений гороха против возбудителей болезней. На протяжении вегетационного периода в годы проведения исследований фитотоксического действия микобиопрепарата на растения не установлено.

Протравливание семян гороха способствовало повышению продуктивности расте-

ний. Так, масса 1000 зерен на варианте без обработки семян составляла 200,5 г, при применении Витавакс 200 ФФ, она была на 5,5 г, а микобиопрепарата - на 8 г больше. Урожайность на варианте с микобиопрепаратом по сравнению с контролем увеличилась на 0,52 т/га, а с эталоном (Витавакс 200 ФФ) - на 0,13 т/га.

Изучение технической эффективности применения микобиопрепаратов для обработки семян ячменя проводили в СФГ "Кондор" Ульяновского района Кировоградской области (Степь). Семена ячменя обрабатывали за две недели до посева на протравителе ПС-10 с нормой расхода рабочего раствора 1 л на 100 кг зерна. Норма высева 4,5 - 5 млн. всхожих зерен на гектар [24].

Техническую эффективность препарата микобиопрепарата изучали на ячмене яровом сорта Эдем второй репродукции по общепринятым методикам. Выращивание ярового ячменя осуществляли в соответствии с технологиями, принятыми для степной зоны.

При обработке семян ярового ячменя микобиопрепаратом с нормой расхода 3,5 и 7 л/т нами установлено, что этот микобиопрепарат положительно влиял на посевные качества семян и биометрические показатели растений.

Анализ технической эффективности микобиопрепарата показал, что при дозе обработки 7 л/т он обеспечивает защиту растений на уровне 78,8% (23 этап ЕС) и 67,9% (73 этап ЕС) ячменя ярового от фузариозной корневой гнили, то есть на уровне эталона (Витавакс 200 ФФ). При использовании микобиопрепарата при дозе 3,5 л/т, техническая эффективность против фузариозной корневой гнили составляла 62,6% (23 этап ЕС) и 59,0% (73 этап ЕС).

Техническая эффективность против твердой головни на участке, где семена были обработанные микобиопрепаратом с дозой 7 л / т составляла 96,1%, а на варианте с нормой 3,5 л / т соответственно - 92,3%.

Установлено, что на варианте с обработкой семян микобиопрепаратом при норме 7 л/т масса 1000 зерен ячменя по сравнению с контролем была на 2,66 г больше, а при норме микобиопрепарата 3,5 л/т - на 1,01 г. Урожайность ячменя ярового при обработке семян микобиопрепаратом (7 л/т) была вы-

ше, чем на контроле на 0,72 т/га по сравнению с Витавакс 200 ФФ - на 0,26 т/га, а при норме 3,5 л/т соответственно на 0,32 т/га, что находится в пределах ошибки.

Анализ результатов экспериментальных исследований применения микобиопрепарата для обработки семян ячменя из расчета 7 л/т является эффективным и перспективным способом защиты от вредных патогенов. Применение микобиопрепарата стимулировало силу роста, полевую всхожесть семян, улучшает развитие растений, фитосанитарное состояние посевов, и повышает эффективность выращивания ячменя.

В результате проведенных исследований обработки семян сои выявлены положительные результаты защитной и стимулирующего действия микобиопрепарата [25]. При определении посевных качеств семян и биометрических показателей растений было установлено, что на вариантах с применением микобиопрепарата энергия прорастания была выше контроля на 17,9%, а с применением фундазола на 13,3%, полевая всхожесть семян сои увеличилась на 7,9% и 5,4%. Применение микобиопрепарата уменьшило развитие корневых гнилей на 6,2, а пероноспороза на 14,9% по сравнению с контролем (без обработки), в то же время при применении фундазола - на 5,1% и 11,5% соответственно.

Учеты пораженности растений сои аскохитозом и септориозом показали положительное влияние препаратов для защиты растений от болезней. Результаты исследований показали, что на варианте, где применяли для обработки семян сои перед посевом микобиопрепарат, количество пораженных аскохитозом растений по сравнению с контролем было меньше на 43,5%, а развитие болезни - на 11,6%, применение фундазола уменьшило на 37% и 10,3% соответственно, а против септориоза при обработке семян микобиопрепаратом количество пораженных растений было меньше на 44,6%, развитие болезни на 8,4%. Положительные результаты получены также при применении микобиопрепарата (обработка семян) в повышении устойчивости растений к антракнозу.

В результате анализа установлено высокое защитное действие микобиопрепарата, его способность подавлять семенную инфек-

цию на уровне 62,7 - 78,3%. Важной характеристикой микобиопрепарата при обработке семян сои установлена системная, длительная устойчивость растений против возбудителей болезней.

В целом в условиях проведенных исследований, протравливание семян сои препаратами способствовало повышению продуктивности растений. Так, масса 1000 зерен на варианте, где применяли микобиопрепарат была больше по сравнению с контролем - на 6,5 г, а где фундазол на 3,2 г, прирост урожая составил соответственно на 0,56 т/га и 0,3 т/га. Кроме этого, при обработке сои микобиопрепаратом, полученный урожай является экологически чистым, безопасным для здоровья человека.

Изучение технической эффективности применения микобиопрепарата при искусственном заражении сои штаммами возбудителей угловатой пятнистости листьев (*Pseudomonas sawastani* pv. *Glycinea*) и пугульной пятнистости (*Xanthomonas axopodis* pv. *Glycinea*) показало, что развитие бактериозов в варианте с обработкой микобиопрепаратом составлял от 0,3 до 0,6 балла, что почти в 4 раза ниже, чем на контроле.

Предпосевная обработка семян сои микобиопрепаратом, уменьшала поражение растений бактериальными болезнями протяжении вегетации в условиях естественного и искусственного заражения, стимулировала рост и развитие растений, способствовала созданию и развитию бактериальных клубеньков на корнях растений, повышала в растениях содержание хлорофилла, азота, фосфора и калия, обеспечивала получение высокой урожайности и качества зерна.

Высокую техническую эффективность применения микобиопрепарата для повышения устойчивости растений к болезням получили в результате проведения экспериментальных ментальных исследований на сахарной свекле, озимой пшеницы, яблони, а также рапса.

ВЫВОДЫ

Экологические стрессы, негативное влияние вредных объектов приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур на 30% и более, что обуславливает

необходимость проведения защитных мероприятий растений. Новым направлением в разработке и использовании препаратов для защиты растений от болезней является стимуляция защитных механизмов растений за счет использования микобиопрепаратов на основе хитин-глюкановых комплексов грибного происхождения.

Микобиопрепарат нового поколения для защиты растений от заболеваний имеет высокую эффективность защиты и стимуляции растений. Он является перспективным продуктом современных научных знаний об иммунитете растений и наукоемких биотехнологий получения грибных глюканов.

Применение микобиопрепарата рекомендовано для обработки семян и растений в период вегетации яровой и озимой пшеницы, ячменя, кукурузы, гороха, сои, сахарной свеклы, подсолнечника, плодовых и овощных культур.

Высокая эффективность, безопасность для человека и окружающей среды, а также низкая стоимость микобиопрепарата открывает большие возможности для перехода производства продукции растениеводства в Украине на принципиально новые экологические и экономические уровни.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Fedorenko V.P. 2004. Integrovanij zahyst silskogospodarskyh kultur v Ukraini // Integrovanij zahyst roslyn na pochatku XXI stolittya. Materialy mizhnarodnoji naukovopraktichnoji konferenciji. Instytut zahystu roslyn. - K.: Kolobig, 3, 28.
2. Dovidnyk iz zahystu roslyn / L.I. Bublyk, G.I. Vasechko, V.P. Vasiljev ta in.; za red. M.P. Lisovogo. - K.: Svit, 448.
3. Obgruntuvannya biotehnologichnogo procesu vyrobnyctva tryhogramy z pnevmatychnym kalibruvannyam jajec zernovoji moli / Oleg Marus // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 12 B, 194 - 200.
4. Vetrova N. 2012. Ekologicheskij audit i ekologicheskij monitoring v upravlenii ekologicheskoy bezopasnostju regiona // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 14-1, 80 - 85.
5. Koshevskij I.I. - 2006. Protruyuvannya Mikosanom efektyvne ta ekologichno chyste //

- “Agrarnyk” Vseukrajinska gazeta dlja pracivnykiv agropromyslovogo kompleksu. - № 1 (46), 10 - 11.
6. Starchevskij I. P. 1998. Do pitannya rozrobky i vprovadzhennja promyslovyh bioteknologij vyrobnytstva zasobiv biologizaciji zemlerobstva// Silskogospodarska tehnika Ukrainy, № 6, 16-17.
7. Starchevskij I.P. 2004. Naukovo-tehnichna ta inzhenerno-tehnologichna polityka rozvytku biologizaciji zemlerobstva v Ukraini // Integrovanyj zahyst roslyn na pochatku XXI stolittya. Materialy mizhnarodnoji naukovo-praktychnoji konferenciji. Instytut zahystu roslyn. - K.: Kolobig, 467 - 472.
8. Starchevskij Yu. I. 2009. Perspektyvne ustatkuvannya dlya procesiv kultyvuvannya mikrobiologichnyh zasobiv zahystu roslyn // Agroekologichnyj zhurnal. Cherven Naukovo-teoretychnyj zhurnal (specialnyj vypusk 2009). - K.: 309 - 312.
9. Dmitriev A.P. 2005. Inducirovanie sistemnoy ustoychivosti u rasteniy biogennymi induktorami//Visnyk Harkivskogo nacionalnogo agrarnogo universitetu. Biologiya, vyp.1(b),19-27.
10. Tarchevskiy I.A. 2002. Signalnyje sistemy kletok rasteniy. - M.: Nauka, 294.
11. Tyuterev S.L. 2002. Nauchnyje osnovy inducirovannoy bolezneustoychivosti rasteniy - Sank Peterburg: OOO «ICZR» VIZR, 328.
12. Shakirova F.M. 2001. Nespecificheskaya ustoychivost rasteniy k stressovym faktoram i jejo reguljaciya. - Ufa: Gilem, 160.
13. Vasyukova N. I. 1991. Biohimicheskie mehanizmy specializaciji fitopatogena k rasteniyu-hozyainu // Biohimicheskiye aspekty inducirovannoy ustoychivosti i vospriimchivosti rasteniy. - T. 7, 103 - 192.
14. Il'inskaya L.I. 1991. Biohimicheskie aspekty' inducirovannoy ustoychivosti i vospriimchivosti rasteniy // Itogi nauki i tehniki. Ser. zaschita rasteniy. - № 7, 196.
15. Ozereckovskaya O.L. 1994. Inducirovanie ustoychivosti rasteniy biogenny'mi e`lisitorami fitopatogenov (obzor).// Prikladnaya biohimiya i mikrobiologiya, - T. 30. - №. 3, 325 - 329.
16. Ozereckovskaya O.L. 2001. Novyj preparat «AgroHit» na osnove nizkomolekulyarnogo hitozan protiv fitoftoroza kartofelya // Novyje dostizheniya v issledovanii hitina i hitozana: Materialy Shestoy Mezhdunar. konf.: - M.: Izdvo VNIRO, 97 - 103.
17. Bochkarev S.V. 2000. «Narciss» - novyj element v integrirovannoj zaschite teplichnyh kultur. - M.: ZAO «Agro-MDT», 49 - 51.
18. Ozereckovskaya O.L. 2002. Hitozan kak elisitor inducirovannoj ustoychivosti rasteniy // V kn. “Hitin i hitozan”. Poluchenie svoystva i primenenie. Red. Skryabina K.G., Vihorevoy G.I., Varlamova V.P. - M. : “Nauka”, 339 - 345.
19. Feofilova E.P. 1999. Perspektivnyje istochniki poluchenija hitina iz prirodnyh objektov // Novyje perspektyvy v issledovanii hitina i hitozana. - M., 76 - 78.
20. Feofilova E.P. 1983. Kletochnaya stenka gribov . M.: Nauka, - 276.
21. Tehniko-tehnologichni osnovy virobnytstva mikrobiopreparatu / Maksym Melnychuk, Valeriy Dubrovin, Victor Teslyuk, Ivan Grygoryuk // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 12 B. 5 - 8.
22. Patent 29953 Ukrainy, MPK A01N 63/00, A01N 65/00, A01P 1/00, A01P 3/00. Sposib pidvyschennya stiykosti roslyn do hvorob / Zayavnyk i vlasnik Gorovoy L.F., Koshevskiy I.I., Redko V.V., Teslyuk V.V.; zayavleno 27.02.2007; opublikovano 11.02.2008.
23. Koshevskiy I.I. 2010. Biologichna efektyvnist mikrobiopreparatu Mikosan-N pry obrobcy nasynnya gorohu // Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy. - 4(20). <http://shshsh.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2010-4/10kiitps.pdf>.
24. Koshevskiy I.I. 2010. Vyznachennya efektyvnosti induktora stiykosti pry obrobcy nasynnya yachmenyu // Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy.-5(21). <http://shshsh.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2010-5/10kiirbs.pdf>.
25. Teslyuk V.V. 2010. Zastosuvannya biopreparatu mikosan u tehnologiji vyroschuvannya soji // Mizhvidomchyj tematychnyj naukovyj zbirnyk «Zemlerobstvo». - K.: VD «EKMO», - Bip. 82. 64 - 73.

TECHNOLOGICAL BASIS OF PREPARATION AND MUSHROOM POLYSACCHARIDES IN ORGANIC FARMING

Summary. Found that an effective and new areas to protect plants from diseases is the induction of protective mechanisms. Study of various substances that are elisytorni properties and determined that the promising applications of chitin and its derivatives. Affordable source of

chitin and glucans can be mushrooms. The technology of obtaining mikobiopreparatu from fungal glucans and sound biological effectiveness of its use on different crops.

Key words: plant protection, chitin, glucan, diseases, fungi, technical efficiency, mikoopreparat, yield.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВИБРОПЛУГА С ГИДРАВЛИЧЕСКИМИ ВИБРАТОРАМИ

Вячеслав Ловейкин, Любовь Дяченко

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

г. Киев, ул. Героев Оборона 15

Vyacheslav Loveykin, Lyubov Dyachenko

National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine

Аннотация. Исследованы качественные и энергетические показатели обработки экспериментального вибропруса с гидравлическими вибраторами по сравнению с серийным. Проведенные исследования влияния скорости движения пахотного агрегата, частоты, угла и амплитуды колебаний куруса пруса на основные технологические показатели работы с целью обоснования оптимальных параметров и режимов работы вибропруса.

Ключевые слова: Исследование, вибропрус, вынужденные колебания, тяговое сопротивление, качество

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Глубокая вспашка с последующим интенсивным возделыванием перед посевом и при уходе за растениями способствует созданию аэробных условий разложения органического вещества, ускорению процессов минерализации гумуса и повышению эффективного плодородия почвы. Сейчас вспашка в Украине является наиболее распространенным способом обработки почвы (около 55%) [1]. В связи с тем, что вспашка сопровождается деформацией, разрушением и перемещением почвенного слоя, затраты энергии на выполнение операции сравнительно велики. По энергетическим затратам вспашка наиболее энергоемкая операция в технологическом процессе выращивания сельскохозяйственных культур [2].

При основной обработке почвы на уровне с качественными результатами работы актуальным вопросом остается снижение энергозатрат. Достичь этого возможно применением вибрационных рабочих органов, которые колеблются в соответствии с периодическими изменениями сопротивления грунта. Тем самым, уменьшая силы трения и внутреннего зацепления почвы, облегчается процесс резания и уменьшается общее тяговое сопротивление пруса.

Кроме того, повышается производительность пахотного агрегата и улучшается качество выполнения технологической операции (более равномерное крошения почвы).

Поэтому разработка новых конструкций пругов с предоставлением им вибрации является актуальным вопросом в разработчиков сельскохозяйственных машин.

Данные исследования направлены на выявление и раскрытие принципов взаимодействия рабочих органов вибропругов с обрабатываемыми почвами сельскохозяйственного назначения и обоснование рациональных параметров и режимов работы вибропруса с гидравлическими вибраторами в реальных условиях эксплуатации.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Вопросу влияния вибрационного воздействия на величину и характер рыхления почвы, а также на тяговое сопротивление посвящены работы [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12].

Значительный вклад в разработку теоретических основ и практических мероприятий по реализации виброметоду в рабочих органах почвообрабатывающих машин сделал доктор технических наук А.А. Дубровский [13].

Глубокие исследования вибрационного и импульсного действия на почву почвообрабатывающих рабочих органов различного типа проведено коллективом ученых под руководством доктора технических наук Л.Ф. Бабицкого [14, 15, 16].

Анализ литературных источников, теоретических и экспериментальных исследований по изучению и обоснованию параметров вибрации рабочих органов показывает, что необходимо расширить исследования влияния вибрационного воздействия на величину и характер рыхления почвы, а также на тяговое сопротивление.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Целью проведения экспериментальных исследований является подтверждение или опровержение определенных теоретических положений, рациональных параметров и режимов работы виброплуга, с гидравлическими вибраторами, с последующим сравнительным анализом результатов, полученных в процессе теоретических и экспериментальных исследований.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Для проведения экспериментальных исследований, как правило, используются натурные объекты исследования и их модели. В натурном эксперименте средства экспериментального исследования взаимодействуют непосредственно с объектом исследования, дает существенную преимущественно перед модельным экспериментом.

Поэтому параметры вынужденных колебаний на тяговое сопротивление плуга изучались на экспериментальном виброплуге ПЛН-2-25 [17], который разработан нами на основании анализа средств механизации и результатов теоретических исследований. Конструктивно-технологическая схема виброплуга показана на рис. 1.

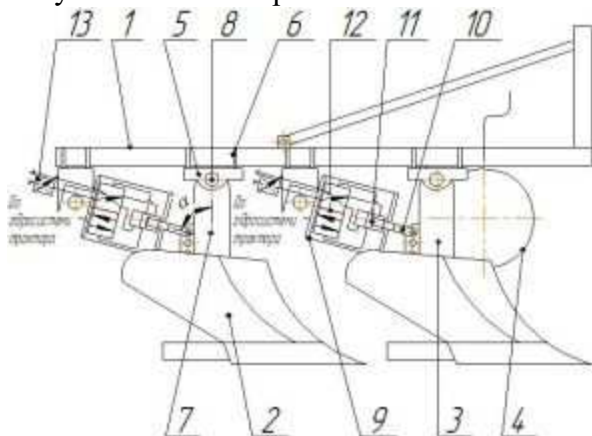


Рис. 1. Конструктивно-технологическая схема виброплуга

Fig. 1. Structural and technological scheme of the vibration plough

Как видно из рис. 1 виброплуг состоит из рамы 1, корпуса 2, стойки корпуса 3, опорного колеса 4. Стойка каждого корпуса разрезана на две части, шарнирно соединены друг с другом. Верхняя часть стойки 5 – присоединена хомутом 6 к раме плуга 1, нижняя 7 –

соединена с ней шарниром 8. На раме плуга 1, под переменным углом α , закреплен вибратор 9, что штоком 10 соединен с нижней частью стойки корпуса 7. Для изменения угла α и амплитуды вибрации в нижней части стойки корпуса предусмотрены отверстия. Вибратор 9 состоит из поршня 11, который изготовлен вместе со штоком 10 и золотника 12. Полость вибратора 9 подключена к гидросистеме трактора. Дросселем 13 обеспечивается регулировка частоты колебаний вибратора 9.

Опытный образец разработанного виброплуга представлено на рис. 2. На разработанной конструкции виброплуга проводились исследования по методике планирования многофакторного эксперимента [18]. Переменными факторами были скорость движения, частота, угол и амплитуда колебаний корпуса плуга, а выходным параметром – тяговое сопротивление плуга.



Рис. 2. Специально подготовленный экспериментальный виброплуг ПЛН-2-25 с двумя гидравлическими вибраторами

Fig. 2. Specially constructed experimental vibration plough with two hydraulic vibrators PLN-2-25

Исследование виброплуга в полевых условиях содержали в себе следующие этапы: определение физико-механических свойств грунта; настройки датчиков, проведение контрольных замеров; непосредственное выполнение самых опытов; агротехническую оценку качества работы; обработка полученных результатов.

В день проведения опытов определялись метеорологические условия (по данным метеостанции) и физико-механические свойства почвы: влажность, твердость, объемная масса, напряжения и деформации в грунте, скорости их распространения на исследуе-

мых глубинах.

Влажность почвы составляла 15 – 19%, твердость 123 – 134 Н/см².

Исследования проводились при работе плуга с вибрационными корпусами, а затем при выключенных вибраторах. Глубина вспашки 22 см. Повторяемость опытов – пятикратная.

Согласно плана экспериментальных исследований проводилось измерение ускорения стойки вибрационного корпуса плуга при трех различных размерах зазора (дросселя) в сливной магистрали гидровибратора – 3, 5 и 7 мм.

Для массивов экспериментальных данных ускорения стойки вибрационного корпуса плуга построено регрессионную функцию и проинтегрировано ее по времени. Таким образом, получены функция скорости стойки вибрационного корпуса плуга в течение установившегося режима работы пахотного агрегата. Путем интегрирования функции скорости стойки вибрационного корпуса плуга по времени получено перемещение.

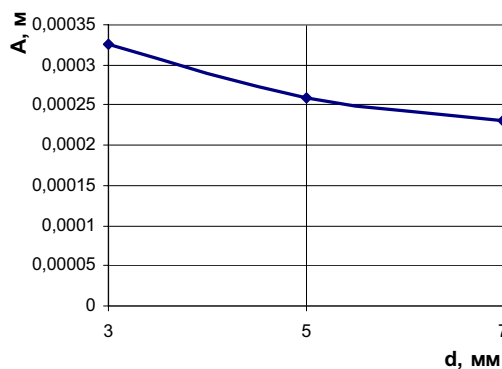
Результаты экспериментальных исследований амплитудно-частотных характеристик процесса взаимодействия вибрационных корпусов плуга с почвой приведены на рис. 3.

Из приведенных графиков (рис. 3) видно, что частота колебаний ν с увеличением размера зазора в сливной магистрали гидровибратора d растет. В то же время, амплитуда колебаний виброплуга – уменьшается при росте d .

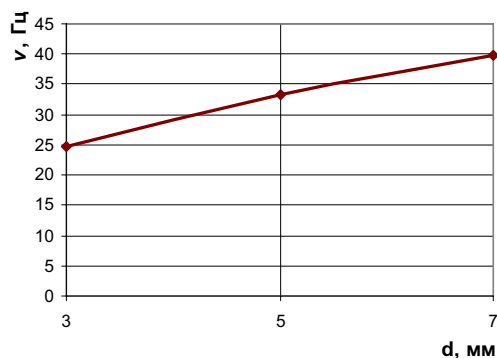
Исходя из плана экспериментальных исследований проведено измерение давления рабочей жидкости в нагнетательной и сливной полостях вибратора при вибрационной вспашке на двух скоростях движения, соответственно первой и второй передачах КПП трактора для трех углов установки вибратора относительно стойки корпуса плуга (верхний – $\alpha = 68^{\circ}28'$, средний – $\alpha = 65^{\circ}9'$, нижний – $\alpha = 62^{\circ}$), в зависимости от зазора в обратной связи (3, 5 и 7 мм), соответствующие частоте колебаний стойки корпуса плуга 24,7 Гц, 33,4 Гц, 39,8 Гц.

Результаты опытов обработаны в виде графиков, выражающих зависимость между давлением рабочей жидкости и частотой колебаний стойки корпуса плуга для каждого режима вибрации (рис. 4) в нагнетательной

(а) и сливной (б) полостях вибратора на второй передаче.



а)



б)

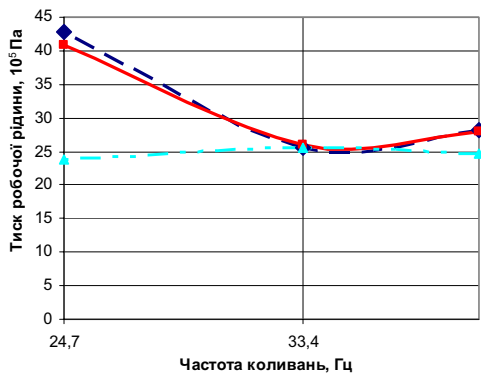
Рис. 3. Зависимость амплитуды A , м (а) и частоты колебаний, Гц (б) от размера зазора в сливной магистрали гидровибратора d , мм

Fig. 3. Dependence of the amplitude A m (a) and oscillation frequency, Hz (b) on the size of the gap in the discharge line of the hydraulic vibrator d , mm

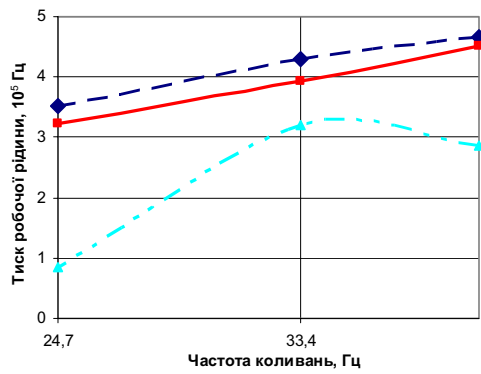
Анализ приведенных графиков на второй передаче показывает, что с увеличением частоты колебаний давление рабочей жидкости в нагнетательной полости вибратора уменьшается и при частоте колебаний 33,4 Гц достигает минимального значения. При дальнейшем увеличении частоты колебаний до 39,8 Гц – незначительно увеличивается при верхнем и среднем углах установки вибратора или остается почти на том же уровне – при нижнем.

В сливной полости вибратора, наоборот, с увеличением частоты колебаний давление рабочей жидкости незначительно увеличивается.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВИБРОПЛУГА С ГИДРАВЛИЧЕСКИМИ ВИБРАТОРАМИ



а)



б)

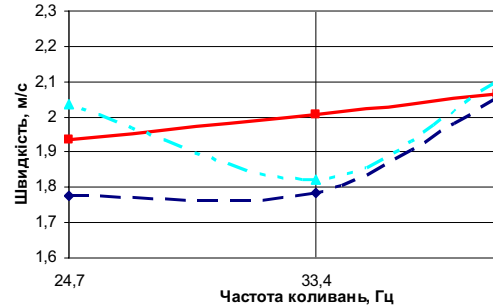
—◆— Кут встановлення вібратора 68°28'
 —■— Кут встановлення вібратора 65°9'
 -▲- Кут встановлення вібратора 62°

Рис. 4. Зависимость давления рабочей жидкости в нагнетательной (а) и сливной (б) полостях вибратора от частоты колебаний на второй передаче
 Fig. 4. Dependence of the change in pressure of the working fluid in the injection (a) and discharge (b) cavities of the vibrator on the oscillation frequency at different angles of the position of the vibrator in relation to the rack of the plowing component in second gear

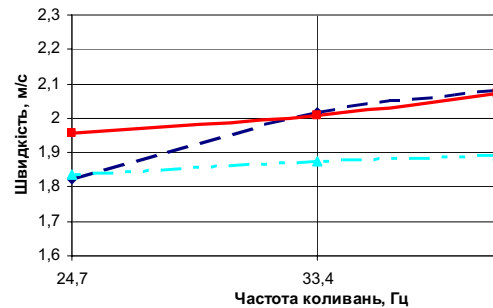
Исходя из плана экспериментальных исследований проведено измерение скорости движения агрегата при вибрационной и обычной вспашке на двух передачах КПП трактора, соответственно первой и второй. При вибрационной вспашке – проводилось для трех углов установки вибратора относительно стойки корпуса плуга и со сменными дросселями, соответствующих частоте колебаний стойки корпуса плуга 24,7 Гц, 33,4 Гц, 39,8 Гц.

Результаты опытов обработаны в виде графиков, выражающих зависимость между

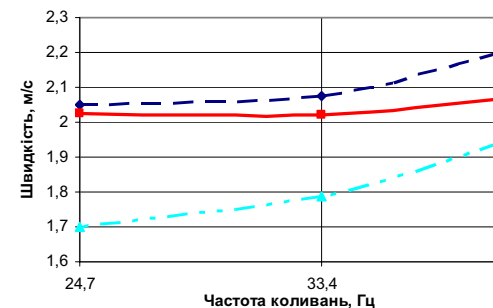
скоростью движения агрегата и частотой колебаний стойки корпуса плуга для каждого режима вибрации (рис. 5) на второй передаче при условии: два корпуса плуга вибрируют (а), первый корпус плуга вибрирует, а второй отключен (б), второй корпус плуга вибрирует, а первый отключен (в).



а)



б)



в)

—◆— Кут встановлення вібратора 68°28'
 —■— Кут встановлення вібратора 65°9'
 -▲- Кут встановлення вібратора 62°

Рис. 5 Зависимость скорости движения агрегата от частоты колебаний на второй передаче

Fig. 5 Dependence of the change in the speed of the unit on the oscillation frequency at different angles of the position of the vibrator in relation to the rack of the plowing component in second gear

Анализ приведенных графиков на второй передаче показывает, что с увеличением частоты колебаний скорость движения агрегата увеличивается и при частоте колебаний 39,8

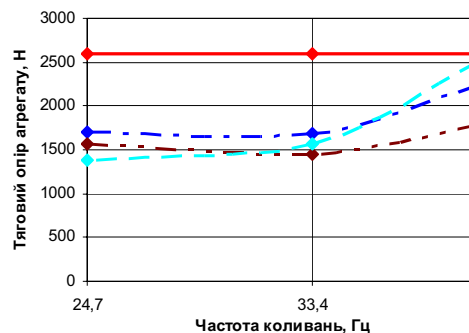
Гц достигает максимального значения. При верхнем угле установки вибратора наблюдается более стремительное увеличение скорости, тогда как при среднем – скорость движения агрегата увеличивается плавно, в незначительных пределах, независимо от условия два корпуса плуга вибрируют или первый вибрирует, а второй отключен или наоборот. При нижнем угле установки вибратора при условии, что два корпуса плуга вибрируют, скорость движения агрегата незначительно уменьшается до частоты колебаний 33,4 Гц и достигает минимального значения. При дальнейшем увеличении частоты колебаний до 39,8 Гц – скорость движения агрегата увеличивается и достигает максимального значения. При условии, когда первый корпус плуга вибрирует, а второй отключен или наоборот, при нижнем угле установки вибратора скорость движения агрегата плавно увеличивается до частоты колебаний 39,8 Гц.

Согласно плана экспериментальных исследований проведено измерение тягового сопротивления плуга при вибрационной и обычной вспашке на двух скоростях движения, соответственно первой и второй передачах КПП трактора. При вибрационной вспашке – проводилось для трех углов установки вибратора относительно стойки корпуса плуга и со сменными дросселями, соответствующими частоте колебаний стойки корпуса плуга 24,7 Гц, 33,4 Гц, 39,8 Гц.

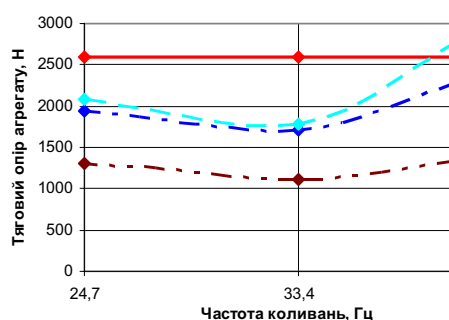
Результаты опытов обработаны в виде графиков, выражающих зависимость между тяговым сопротивлением агрегата и частотой колебаний стойки корпуса плуга для каждого режима вибрации на второй (рис. 6) и первой скорости (рис. 7) при условии: два корпуса плуга вибрируют (а), первый корпус плуга вибрирует, а второй отключен (б), второй корпус плуга вибрирует, а первый отключен (в).

Анализ приведенных графиков на второй передаче показывает, что с увеличением частоты колебаний тяговое сопротивление агрегата незначительно уменьшается и достигает минимального значения при частоте колебаний 33,4 Гц. При дальнейшем увеличении частоты колебаний до 39,8 Гц тяговое сопротивление агрегата увеличивается и приближается к обычному – без вибрации. Наибо-

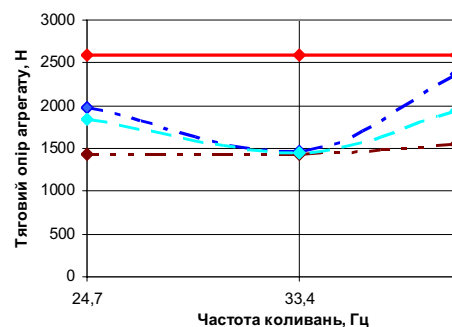
льшее снижение тягового сопротивления агрегата наблюдается при среднем угле установки вибратора.



а)



б)



в)

- ♦— Без вібрації
- ♦— Кут встановлення вибратора 68°28'
- ♦— Кут встановлення вибратора 65°9'
- ♦— Кут встановлення вибратора 62°

Рис. 6. Зависимость тягового сопротивления агрегата от частоты колебаний на второй передаче

Fig. 6. Dependence of the change in the traction resistance of the unit on the oscillation frequency at different angles of the position of the vibrator in relation to the rack of the plowing component in second gear

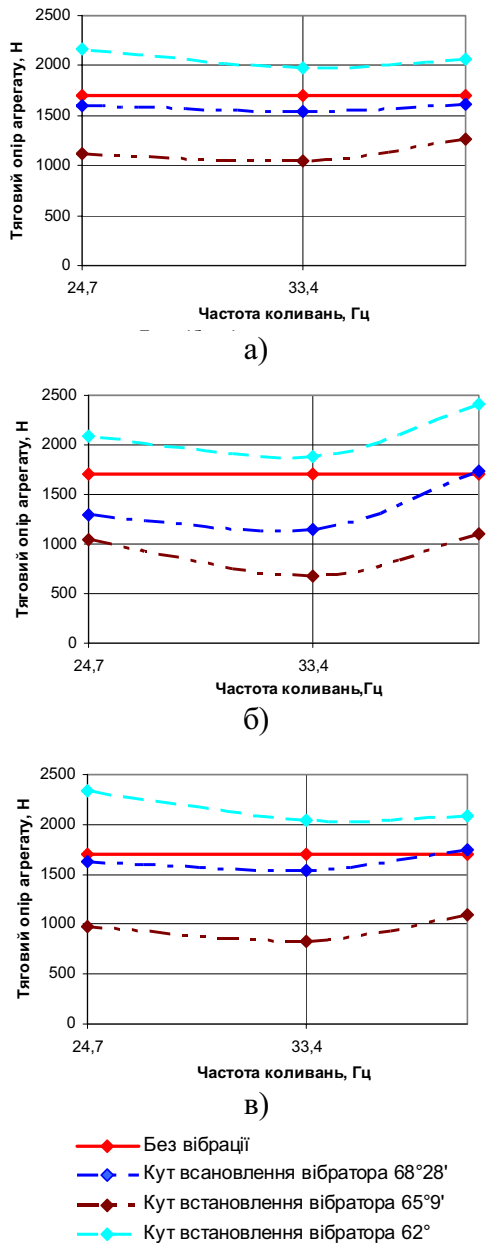


Рис. 7. Зависимость тягового сопротивления агрегата от частоты колебаний на первой передаче

Fig. 7. Dependence of the change in the traction resistance of the unit on the oscillation frequency at different angles of the position of the vibrator in relation to the rack of the plowing component in first gear

Анализ приведенных графиков показывает, что на первой передаче при верхнем и нижнем угле установки вибратора вибрация стойки корпуса положительных результатов не дает. При нижнем угле установки вибратора появляется обратный эффект, вибрация вызывает увеличение тягового сопротивле-

ния агрегата. Снижение тягового сопротивления агрегата наблюдается при среднем угле установки вибратора. Минимальное значение тягового сопротивления агрегата наблюдаем при частоте колебаний 33,4 Гц. При дальнейшем увеличении частоты колебаний до 39,8 Гц тяговое сопротивление агрегата увеличивается и приближается к обычному – без вибрации.

Из приведенных графиков (рис. 6 – 7) видно, что тяговое сопротивление агрегата на второй и первой передачах при среднем угле установки вибратора и трех частотах колебаний соответственно 24,7Гц, 33,4Гц, 39,8Гц стойки корпуса плуга меньше по сравнению с обычным без вибрации. Кроме того, необходимо обратить внимание, что тяговое сопротивление агрегата при одновременной вибрации двух корпусов плуга больше по сравнению со случаем, если первый корпус плуга вибрирует, а второй отключен или второй корпус плуга вибрирует, а первый отключен.

Эксперименты показали, что «рекордные» уменьшение тягового сопротивления виброплуга возникают в следующих ситуациях (независимо от передачи – первая или вторая): угол установки вибратора 65°9' и частота колебаний 33,4 Гц.

В частности, на первой передаче: без вибрации – 1705 Н, два вибрируют – 1046 Н, первый вибрирует, второй нет – 676 Н, что в 2,5 раза меньше чем без вибрации, второй вибрирует, первый нет – 828 Н, в 2 раза меньше чем без вибрации.

На второй передаче: без вибрации – 2593 Н, два вибрируют – 1442 Н, первый вибрирует, второй нет – 1116 Н, что в 2,3 раза меньше чем без вибрации, второй вибрирует, первый нет – 1429 Н, что в 1,8 раза меньше чем без вибрации.

Показатели глубины обработки почвы, полученные в результате сравнительных исследований вибрационного и серийного плугов представлены в таблице 1

Анализ данных таблицы 1 показывает, что отклонение средней глубины вспашки от заданной для всех частот вибрации находится в пределах нормативных требований.

С увеличением частоты вибрации глубина проникновения вибрационного поля в почву уменьшается.

Таблица 1. Показатели глубины обработки почвы на второй передаче при среднем угле установки вибратора относительно стойки корпуса плуга при условии два корпуса плуга вибрируют

Table 1. Indicators of depth of the cultivated soil in second gear at an average angle of the position of the vibrator in relation to the rack of the plowing component provided that two bodies of the plough vibrate.

Показатель	Без вибрации, $1 \cdot 10^{-2}$ м	С вибрацией, $1 \cdot 10^{-2}$ м		
		Частота вибрации, Гц		
		39,8	33,4	24,7
Среднее арифметическое, \bar{x}	21,67	22,07	22,55	22,97
Среднее отклонение от среднего значения, χ	0,76	0,66	0,46	0,56
Среднее квадратическое отклонение, σ	0,89	0,76	0,68	0,71
Коэффициент вариации, $K_B, \%$	4,12	3,42	3,00	3,09

Опыты по определению влияния вибрации на степень измельчения почвы показали, что вибрационный плуг с высокой вероятностью обеспечивает создание почвенных агрегатов с размером 0,25 – 10 мм, что является наиболее ценным в агротехническом отношении. Таких агрегатов на участках, что обрабатывались вибрационным плугом на 14% больше при частоте вибрации 39,8 Гц, на 14,9% – при 33,4 Гц и на 2,5% – при 24,7 Гц чем на участке, что обрабатывалась обычным плугом. В то же время в поверхностном слое почвы после прохода вибрационного плуга незначительно увеличивается количество эрозионно-опасных частиц 0,25 и менее мм. Таких агрегатов на участках, что обрабатывались вибрационным плугом на 4,4% больше при частоте вибрации 39,8 Гц, на 2,3% – при 33,4 Гц и на 1,5% – при 24,7 Гц чем на участке, что обрабатывался обычным плугом. Больше разрушаются крупные частицы почвы (более 10 мм): на 21% больше при частоте вибрации 39,8 Гц, на 14,9% –

при 33,4 Гц и на 1,6% – при 24,7 Гц чем на участке, обрабатывалась обычным плугом.

На участках, что обрабатывались вибрационным плугом возможно снижение интенсивности дополнительных обработок при сохранении хороших влагосберегающих свойств почвы.

ВЫВОДЫ

1. Результаты экспериментальных исследований подтвердили выдвинутую гипотезу положительного влияния параметров вынужденных колебаний на тяговое сопротивление плуга и на величину тяговой мощности, необходимой при вибрационной и обычной пахоте, а также на качественные показатели вспашки почвы.
2. В результате проведенных экспериментальных исследований установлено, что наименьший тяговое сопротивление виброплуга наблюдается (независимо от передачи – первая или вторая) при угле установки вибратора $65^{\circ}9'$ и частоте колебаний 33,4 Гц.
3. Максимальное снижение затрат тяговой мощности при работе вибрационных корпусов плуга по сравнению с обычными – не вибрационными составляет 54% на второй передаче при угле установки вибратора $65^{\circ}9'$ и частоте колебаний 33,4 Гц при условии, когда первый корпус плуга вибрирует, а второй – нет.
4. Опыты по определению влияния вибрации на степень измельчения грунта показали, что в структуре грунтовых частей после прохода вибрационного плуга увеличивается количество мелкой фракции. Содержание в почве частей размером 1 – 10 мм незначительно увеличивается. Больше разрушаются большие части почвы (более 10 мм). При этом отклонение фактической глубины вспашки почвы от заданной находятся в допустимых пределах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Gukov Ya. S. 1999. Obrobitok gruntu. Tehnologiya i tehnika. Mexaniko-texnologichne obgruntuvannya energozberigayuchysh zasobiv dlya mexanizacii obrobitku gruntu v umovax Ukrainy / – К.: Nora-print, 280.
2. Lur'e A. B. 1977. Raschjot i konstruirovanie sel'skoxozyajstvennyx mashin – L.: Mashynostroenie, 528.

3. Krylov M. M. 1938. Primenenie vibraciy dlya umensheniya tyagovykh usiliy plugov pri melioracii podpaxotnogo sloya. // Doklady / VASXNIL. – Vyp. 1 – 2, 32.
4. Cvetnicov V. I. 1953. Issledovanie vliyaniya vynugdenoy vibracii pluga na raschod moshnosti pri vspashke: Dis.kand.texn.nauk. L., 210.
5. Ryabcev G. O. 1975. Doslidgennya roboty pluga z prugnoyu pidviskoyu korpusiv. // Visnyk sil's'kogospodars'koi nauky. – №5, 16.
6. Klyuev A. I. 1979. Energetika korpusa pluga pry uprugom kreplenii ego k rame // Sbornik nauchnykh trudov / VSXI. – Volgograd, T.69, 32.
7. Zonenberg R. M. 1965. Issledovanie vliyaniya vibracii na tyagovoe soprotivlenie rabochykh organov, vzaimodejstvuyuschykh s pochvoy: Dyss. kand. texn. nauk. / Kiev, 245.
8. Panov I. M. 1987. Osnovnye puti snigeniya energozatrat pry obrabotke pochvy. // Traktory i sel'hoz mashyny. — №8, 27 – 30.
9. Vibracionnyj glubocoryxlitel': Avtorskoe svidetel'stvo SSSR SU №1782349, A 01 B 13/02 / Zolotuxin V. A., Migunov A. I., Merguevskij A. V., Zolotuxin I. A. – Zayavl. 15.11.1990, Opubl. 23.12.1992, Byul. №47
10. Bezvidval'nyj vibroplug: Patent na korysnu model' UA №1567, MPK A 01 B 13/08 / Bilanik A. M., Matveev I. B. (Ukraina). – Zayavl. 18.02.2002, Opubl. 15.01.2003, Byul. №1
11. Vibrolekish pluga: Patent na korysnu model' UA №21215, MPK A 01 B 15/00 / Voloshko M. I., Porox Je. V., Voloshko M. M. (Ukraina). – Zayavl. 5.06.2006, Opubl. 15.03.2007, Byul. №3
12. Plug z vibraciynoyu pidviskoyu: Patent na korysnu model' UA №31574, MPK A 01 B 17/00 / Loveykin V. S., Kryvorushko O. S., Pushkar I. A. (Ukraina). – Zayavl. 25.12.2007, Opubl. 10.04.2008, Byul. №7
13. Dubrovskiy A. A. 1968. Vibracionnaya tehnika v sel'skom khozyaystve. M.: Mashynostroenie, 204.
14. Babic'kiy L. F. , 1998. Bionichni naryamky rozrobky gruntoobrobnykh mashyn. / L. F. Babic'kiy. – K.: Urogay, 160.
15. Babic'kiy L. 2009. Metodika opredileniya regimov raboty kolebatel'nykh ustroystv pochvoobrabatyvayuschykh rabochykh organov s prynuditel'nyim pryvodom// MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 11B, 9–14.
16. Moskalevich V. 2009. Puti snigeniya energoemnosti chyzel'nykh pochvoobrabatyvayuschykh rabochykh organov // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 11B, 179–189.
17. Vibroplug: Patent na korysnu model' UA №55371, MPK A 01 B 63/111 / Loveykin V. S., Chovnyuc Yu. V., Dyachenco L. A. (Ukraina). – Zayavl. 11.06.2010, Opubl. 10.12.2010, Byul. №23
18. Loveykin V. S. 2012. Metodyka eksperymental'nogo doslidgennya parametriv vibropluga z gidravlichnyimi vibratorami / Loveykin V. S., Dyachenco L. A. // Sbornik nauchnykh trudov / Vestnik XNADU. - Khar'kov, Vyp.57, 161 – 165.

EXPERIMENTAL DATA ON THE PARAMETERS OF THE VIBRATION PLOUGH WITH HYDRAULIC VIBRATORS

Summary. The quality and energy indicators for soil cultivation performed by the experimental vibration plough with hydraulic vibrators have been studied in comparison with the corresponding performance indicators of the ploughs in mass production.
Key words: research, the vibration plough, forced vibrations, traction resistance, quality.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВА ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА**¹Владимир Макаев, ²Владимир Василюк**¹Глуховский агротехнический институт им. С.А.Ковпака СНАУ²ОП НУБиП Украины "Нежинский агротехнический институт"

г. Глухов, ул. Терещенков 36

¹Volodymyr Makayev, ²Volodymyr Vasyluk*Hlukhiv Agroetchnical Institute named after S.A. Kovpak SNAU**IS NULES of Ukraine "Nizhyn Agrotechnical Institute"*

Аннотация. Технологии выращивания льна-долгунца имеют существенные отличия на завершающем этапе уборки. Традиционная комбайновая и раздельная технологии уборки направлены на получение длинного волокна и поэтому нуждаются в использовании специальной льноуборочной техники.

Нетрадиционная технология уборки льна-долгунца разрешает, получить короткое волокно, благодаря скашиванию стеблей с укладкой их в валки с хаотическим расположением.

Ключевые слова. лен-долгунец, треста, длинное волокно, короткое волокно, льноуборочные машины

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Лен-долгунец - основная техническая культура полесских и западных районов Украины, которую выращивают для получения волокна и семян [1, 2, 3, 18]. Технология выращивания льна-долгунца отличается от технологии выращивания основных сельскохозяйственных культур, например, зерновых.

Особое отличие имеет завершающий этап уборки, поскольку нуждается в применении целого комплекса специальной техники и оборудования [4]. Кроме того, она тесно связана с дальнейшей первичной переработкой стеблей - приготовлением льняной тресты и механическим выделением волокна.

Традиционные технологии выращивания льна-долгунца направлены на получение длинного волокна и потому на завершающем этапе нуждаются в значительных трудовых и финансовых затратах [5, 6, 7, 8].

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Посевные площади льна-долгунца, сырья для текстильной промышленности, в мире занимают 500-550 тыс. га. тогда как в 1989-

1991 составляли 1035 тыс. га. За период с 1989 по 2005 г. площади, занятые под лен, сократились на 51%, на что в значительной мере повлияло сокращение посевов в странах бывшего СССР [9]. Посевы льна в 2003-2005 годах в основных странах-производителях стабилизировались: в Китае на уровне 140-160 тыс. га, в Европе с учетом стран бывшего СССР (Россия, Украина, Беларусь и Литва) - 300-330 тыс. га. Последние, за исключением Беларуси, теряют свои позиции на мировом рынке продукции из льна, отдавая их западноевропейским странам и Китаю.

До 1993 г. Украина стабильно входила в число лидеров по производству льноволокна (в 1992 г. ее доля составляла 15,7% общемирового объема производства). Уменьшение дотаций в отрасль на компенсацию части производственных затрат стало одной из основных причин уменьшения посевных площадей до 23,9 тыс. га в 2005 г. против 155 тыс га в 1992 г. Введенными дотациями в размере 640 грн. на 1 га посевов льна-долгунца планировалось увеличить посевные площади, но этого не произошло [10, 11, 12]. В 2007 году они еще сократились до 11,26 тыс. га, в 2008 до 5,76 тыс. га, в 2009 до 2,3 тыс. га, а в 2010-2012 годах не превышают и 2,0 тыс га.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Благодаря дотациям в определенной мере покрываются производственные затраты на выращивание льна-долгунца, но, как видим, это не способствует увеличению посевных площадей. По нашему мнению, главной причиной является отсутствие на Украине производства специальной льноуборочной техники и предприятий по первичной переработке льняной тресты.

Поэтому только при условии применения энергосберегающих технологий уборки льна-долгунца и приготовления тресты представляется возможность возродить льноводство на Украине [13].

Уборка льна самая ответственная операция в технологии его выращивания. Лишь при правильном и своевременном выполнении технологических операций по приготовлению тресты и ее уборки можно полностью сохранить выращенный урожай льнопродукции и ее качество, снизить затраты труда, себестоимость волокна и семян и повысить эффективность льноводства [14].

Биологической особенностью льна-долгунца является одновременное созревание коробочек на одном и том же растении, а технологической – волокно с высочайшими прядильными свойствами содержится в физиологически недозрелых растениях, поэтому определение оптимального срока уборки имеет важное значение. От этого в значительной мере зависит урожайность и качество волокнистой продукции [15, 16].

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Качество тресты, соответственно и волокна, является основным фактором от которого зависит рентабельность выращивания льна. В последние годы на льнозаводы попадает сырье качество которого желает быть лучшим. Одна из проблем – это длина стеблей, которая колеблется от 40 до 60 см. Для нормальной работы оборудования льнозаводов при производстве длинного волокна техническая длина стеблей должна быть не меньше 60 см. Недостаточная длина стеблей – это последствия применения для посева льна семян низкого качества, а главным фактором считается неудовлетворительная организация агротехники в технологиях выращивания льна-долгунца (подготовка почвы к посеву, нехватка удобрений, пестицидов, гербицидов и др.)

Традиционно для уборки льна-долгунца в основном используются комбайновая технология, имеет место также и раздельная технология, как первая так и вторая имеют целью подготовку сырья для переработки на длинное волокно.

Льнокомбайны и льнотеребилки, которыми выбирают стебли льна-долгунца и рас-

стилают в ленты, являются машинами специального назначения они выполняют одну операцию и лишь на одной культуре, а все другое время на протяжении года не используются. Согласно техническим условиям сезонная нагрузка на один льноуборочный комбайн ЛК-4А составляет 50 га. Эта норма установлена с учетом сменной нормы выработки и фазой зрелости льна-долгунца и ее продолжительности [11, 19].

По традиционной технологии очесанные стебли льна-долгунца расстилаются для приготавливания тресты у ленты расстила параллельно одна к другой. Солома льна-долгунца в процессе сушки в поле подвергается одновременному действию солнечного излучения и атмосферных осадков. Ультрафиолетовое излучение разрушает пигменты и другие органические вещества внешнего слоя стебля, а кратковременное намочение приводит к вымыванию части экстрактивных веществ. Теряя балластные вещества, солома обогащается волокном. Качество волокна под влиянием указанных факторов по обыкновению снижается, так как лубяные пучки находятся в толщине коры паренхимы и наиболее устойчивой против физико-химических и биологических видов разрушения. Если все это так, то надо раньше справляться с завершающими работами в льноводстве и тем самым предотвращать потери урожая и качества волокнистой продукции.

Для получения качественной однородной тресты, технология приготовления тресты предусматривает обязательное переворачивание лент расстила льняной соломы. Эту операцию выполняют, применяя оборачиватели льняной соломы. Продолжительность приготовления тресты зависит только от погодных условий, а именно среднесуточной температуры воздуха и относительной его влажности. При условии расстилания льна-долгунца в начале августа продолжительность приготовления тресты составляет 23-25 суток, тогда как из льняной соломы расстеленной в начале сентября тресту получают через 35-40 суток [17].

То есть для осуществления комбайновой технологии уборки льна и приготовления тресты нужен следующий комплекс машин: льноуборочный комбайн ЛК-4А, сушильный комплекс типа ОСВ-60 с нагревателями воз-

духа ВТП-600, молотилка-веялка МВ-2,5А, оборачиватели льняной соломы типа ОСН-1, рулонные пресс-подборщики типа ПРЛ-150, фронтальный загрузчик ПФ-0,5 оборудованный устройством для загрузки рулонов ПРЛ-0,5, и транспортные средства для перевозки рулонов, желательны специальные платформы.

По комбайновой технологии в последние годы сеящими лен хозяйствами уборка льна осуществляется в полной фазе его зрелости, которая дает возможность льняной ворох, полученный после льноуборочного комбайна направить не на сушку, а на переработку, выделение из него семян на молотилке-веялке МВ-2,5А, а потом направить на сушку лишь семена. Благодаря указанным изменениям в технологическом регламенте уборки, после переработки сырого вороха его объем уменьшается почти в 3-5 раз, продолжительность сушки сокращается на 10-12 часов, затраты горючего уменьшаются на 50-60%, а затраты труда сокращаются в 2-3 раза. Но, даже при данных условиях, рентабельность продукции, полученной по комбайновой технологии уборки не всегда имеет высокий уровень.

Раздельная технология уборки льна-долгунца, предусматривает теребление стеблей льна в ранней желтой фазе зрелости льнотеребилкой и расстиление их в ленты, подборание высушенных стеблей через 5-7 дней, в зависимости от погодных условий и сроков теребления, обмолот их с одновременным переворачиванием на 180° льноподборщиком-молотилкой (рис. 1).

По данной технологии стебли льна выбираются льнотеребилкой ТЛН-1,5 и расстиляются на льнище, когда в 65-75% желто-зеленых коробочек семена бледно-зеленые. Остальные коробочки – желтые с желтыми семенами, лишь отдельные коробочки зеленые с зелеными и бурые с коричневыми семенами. Абсолютная влажность коробочек находится в пределах 39-70%. Льнотеребилку агрегируют с трактором Т-25А. Рабочая ширина захвата льнотеребилки составляет 1,5 м, производительность при скорости движения агрегата 6 км/ч. - 0,9 га/ч, вес льнотеребилки 260 кг.



Рис. 1. Льноподборщик-молотилка ПМЛ-1 в работе

Fig. 1. Flax picker and thresher PML-1 is working

Основной машиной при раздельной уборке льна-долгунца есть льноподборщик-молотилка ПМЛ-1. Эта машина агрегируется с тракторами класса 1,4 т имеет следующие технологические характеристики; ширина захвата - 1,5 м (1 лента), рабочая скорость - до 7,0 км/час, эксплуатационная производительность – не меньше 0,6 га/час, потребляемая мощность – не больше 28 кВт, вес 2900 кг.

Раздельная технология уборки льна-долгунца предусматривает кроме получения семян, операции по получению тресты из расстила льносоломки на льнище, биологическим способом. Данный способ приготовления тресты также как и процесс получения семян не нуждается в значительных энергетических затратах и поэтому относится к энергосберегающим. При этом выполняются следующие операции приготовления тресты: переворачивание соломки, формирование соломки в рулоны, загрузка рулонов, транспортировка рулонов.

Переворачивание соломки осуществляется по мере вылеживания верхнего слоя стеблей в лентах. В зависимости от погодных условий в процессе приготовления тресты переворачивание может осуществляться двукратно. Данная операция выполняется оборачивателями ОЛПБ-1 в агрегате с трактором МТЗ-82. Производительность переворачивателя за час основного времени не меньше 0,9 га, удельный расход топлива за время смены не больше 10 кг/га.

Готовую тресту формируют в рулоны рулонными пресс-подборщиками ПРУ-200. Пресс-подборщик подбирает ленты тресты льна, прессует в тюки цилиндрической фор-

мы (рулоны) с обматыванием каждого сформированного рулона шпагатом.

Пресс-подборщик агрегируется с колесными тракторами общего назначения класса 1,4 т. Производительность пресс-подборщика за час основного времени 3-4 т. Удельный расход горючего 1,8 кг/т. Масса рулонов 120-150 кг. Вес 2000 кг.

При условии когда стебли во время уборки не укладываются параллельно в лентах расстила, а располагаются хаотически в валках, невозможно получить длинное волокно. Но представляется возможность получения тресты из которой можно получить однотипное волокно без распределения на длинное и короткое. В случае непараллельной укладки стеблей в процессе уборки можно упростить уборочные процессы на лубяных культурах, в частности льне-долгунце и рассматривать уборку с помощью сельскохозяйственных машин общего назначения (жаток и зерноуборочных комбайнов).

Итак, альтернатива классическим схемам уборки льна есть. На примере зерноуборочных комбайнов или жаток можно успешно проводить уборку как семенной так и стебельной массы льна-долгунца. Но это касается лишь непосредственного скашивания льна и формирования валков из стеблей. Соответственно технологической линии уборки посевов льна следующими операциями в приготовлении тресты идут переворачивание или шевеление скошенной массы, прессование или упаковка, погрузка рулонов на транспортные средства и перевозка к местам переработки [20].

Для срезания стеблей льна и укладки их в валки, для естественной сушки не сохраняя параллельности стеблей в валках, предлагается использовать жатки. Ассортимент жаток на рынке Украины достаточно большой. ОАО КБ “Бердянсксельмаш” разрабатывает и изготавливает прицепные и навесные жатки, которые используются на скашивании зерновых и зернобобовых культур. Прицепные жатки агрегируются с колесными тракторами класса 1,4 т, навесные – с самоходными энергетическими средствами большей частью с такими как Е-301, Е-304, КПС-5Г, Д-101А.

Проанализировав рабочий процесс известных жаток и их конструктивные осо-

бенности мы пришли к заключению, что наиболее приемлемой для скашивания льна может быть жатка для уборки рапса ЖНР-4 с шириной захвата 4 метра (рис. 2).



Рис. 2. Жатка ЖНР-4 на скашивании льна-долгунца

Fig. 2. Mower GNR-4 mows flax

Благодаря скашиванию стеблестоя льна-долгунца жатками в сравнении с тереблением, общие затраты уменьшаются в 2,5-3 раза. Но отмечаем, что минимальная высота срезания стеблестоя составляет 10 см, поэтому если данный стеблестой скосить жаткой, тогда получим 43,4 ц/га соломы, потери соломы составят 9,1%. В свою очередь, если стеблестой со средней длиной стеблей 20 см скосить жаткой, тогда получим 22,5 ц/га, потери соломы составят 11,4%.

Основная задача в процессе приготовления тресты в валках с хаотическим расположением стеблей – это однородность стебельной массы по степени вылеживания по всей толщине и длине валка. В связи с этим нужно осуществлять обязательное переворачивание стеблей в валках и их шевеление. Для этого, аналогично как и для сена, предлагается применять сенные грабли типа ГВР-6.

Готовая треста формируется в рулоны пресс-подборщиками для сена ленточного типа и направляется на переработку. Из данной тресты на льнозаводах изготавливается короткое волокно

На сегодня короткое волокно из стеблей льна-долгунца находит очень широкую сферу использования как натуральные волокна. Цена на короткое волокно на мировом рынке в сравнении с длинным достаточная высокая, в частности одна тонна стоит 500-800\$, поэтому становится актуальным вопрос уборки

льна-долгунца без параллельного расстиления стеблей в ленты расстила, а укладки их в валки с хаотическим расположением.

ВЫВОДЫ

Традиционные технологии уборки льна-долгунца нуждаются в применении специальных машин. За этими технологиями стебли льна-долгунца теребят и расстиляют в ленты расстила, перпендикулярно направлению движения льнотеребильной машины. Стебли в лентах расстила обязательно должны располагаться параллельно один к одному и сохранять параллельность после проведения следующих технологических операций по приготовлению тресты: шевеления, переворачивания. В рулонах сформированных пресс-подборщиками стебли также должны быть расположены параллельно по длине рулона. Из таких рулонов на перерабатывающих предприятиях получают, ценное для текстильной промышленности длинное волокно, а из отходов трепания – короткое волокно.

Если осуществлять скашивание стеблестоя льна-долгунца с хаотической укладкой в валки, возможно получить короткое волокно без использования специальной льноуборочной техники.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Jivetin V.V. 1998. Len na rubeje XX i XXI vekov. M. : Poligrim, 184.
2. Krugla N.A. 2002. Istoriya rozvitku l'onarstva v Ukrayini : Navch. posib. – Kherson : Adams, 168.
3. Karpec' I.P. 1990. Intensivna tehnologiya viroschuvannya l'onu-dovguncya / K.: Uroжай, 112.
4. Makaev V.I. 2011 Osoblivosti zbirannya l'onu-dovguncya // Mijvidomchiy tematicniy nauk. zb. Mehanizaciya ta elektrifikaciya s-g NNC IMESG. – Glevaha – Vip. № 95, 181-188.
5. Makaev V.I. 2010. Zbirannya l'onu-dovguncya // Farmer — Cherven', 44-45.
6. Ekonomichna ocinka sposobiv zbirannya l'onu v suchasniy tehnologiyah yogo viroschuvannya / Sidorchuk O.V. Sheychenko V.O., Gricishin M.I., Makaev V.I. // Mijvidomchiy tematicniy nauk. zb. Mehanizaciya ta elektrifi-

kaciya s-g NNC IMESG. – Glevaha. – 2010. – Vip. № 94, 470-475.

7. Kompleksnaya mehanizaciya l'novodstva / I.N. Bolotov, A.A. Kozyreva, P.K. Kondrashuk [i dr.]. – M. : Sel'hozizdat, 1962, 356.

8. Makaev V.I. 2005. Prigotuvannya llyanoi tresti sposobom rozstilu na stelischi // Zb. nauk. pr., Tehniko-tehnologichni aspekti rozvitku ta viprobuvannya novoї tehniki i tehnologiy dlya sil's'kogo gospodarstva. – Doslidnic'ke : UkrNDIPVT im. L.Pogorilogo. — Vip. 8 (22), 257-261.

9. Osnovnye napravleniya intensifikacii proizvodstva i pererabotki l'na / V.G. Gusakov [i dr.]. – Minsk: In-t ekonomiki NAN Belarusi, 2007, 72.

10. European Subsidy for the cultivation of flax and hemp // Euroflax. - 2009. - № 1, 31-32.

11. Makaev V.I. 2011. Tradiciyni ta perspektivni napryamki mehanizacii l'onarstva Ukrainy // Materiali V Vseukrains'koi naukovopraktichnoi konferencii “Stan ta perspektivi rozvitku sil's'kogo gospodarstva Ukrainy: koncepcii, metodologiya, tehnologii, praktika” / Redkol. : V.S. Lukach (golova) [ta in.]. – Nijin , 51-56.

12. Makaev V.I. 2009. Al'ternativa tradicionnym tehnologiyam uborki l'na-dolgunca i prigotovleniya tresty // "Povyshenie konkurentnosposobnosti l'nyanogo kompleksa Rossii v sovremennykh usloviyah" Materialy mejdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferencii. – Vologda, 116-121.

13. Makaev V.I. 2011. Skoshuvannya l'onudovguncya ta ukladannya u valki z haotichnim roztashuvannyam // Visnik L'vivs'kogo nacional'nogo agrarnogo universitetu : agroinjenerni doslidjennya. – L'viv : L'viv. nac. agrouniversitet, – №15, 72-79.

14. Mel'nik I.P. 1989. Intensivna tehnologiya viroschuvannya l'onu. K. : Znannya URSR, 47.

15. Makaev V.I. 2006. Tehnologii oderjannya l'onoprodukcii // Tehnika APK. — № 1-2, 30-31.

16. L'nouborochnye mashiny / G.A. Haylis, N.N. Bykov, V.N. Buharkin [i dr.]. – M., 1985, 105.

17. Makaev V.I. 2008. Udoskonalennya tehnologii oderjannya tresti shlyahom formuvannya sharu llyanoi solomi v procesi rozstilu. Avtoref. dis. na zdobuttya nauk. stupenya kand. tehn. nauk. – Kherson : HNTU, 26.

18. Nalobina O.O. 2010. Doslidjennya vlastivostey nasinnevih korobochok l'onu-dovguncya // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 12B, 135-139.
19. Golub G. 2011. Optimizaciya parametriv mashin ta obladnannya// MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol.13B, 15-19.
20. Borisenko V.O. 2011. Imitaciyne modelyuvannya roboty pol'ovih agregativ // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol.13B, 80-86.

THE TECHNOLOGICAL ASPECTS OF THE PRODUCTION OF FLAX FIBER

Summary. Flax cultivation technologies have significant differences on the final stage of the harvesting. The traditional combine and two-stage harvesting technologies are aimed at getting long fibers that is why they need to use special flax harvesting machinery. Alternative technology of flax harvesting allows to get short fiber thanks to mowing of stalks with styling them in rolls with a chaotic layout.

Key words. Flax fiber flax, tresta, long fiber, short fiber, flax-harvesting machinery.

ДИНАМИЧЕСКАЯ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛИ ГИДРОИМПУЛЬСНОГО ВИБРОУДАРНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ РАДИАЛЬНОГО ВИБРОТОЧЕНИЯ С ВСТРОЕННЫМ ШАРОВЫМ ГЕНЕРАТОРОМ ИМПУЛЬСОВ ДАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ТИПА

Роман Обертюх, Андрей Слабкий

Винницкий национальный технический университет

г. Винница, Хмельницкое шоссе 95

Roman Obertykh, Andrey Slabkiy

Vinnytsia National Technical University

Аннотация. Рассмотрена структурно-расчетная схема гидроимпульсного устройства для радиального виброточения с встроенным генератором импульсов давления (ГИД). На основе структурной схемы и циклограммы рабочего цикла устройства разработаны его динамическая и математическая модели, в которых гидравлическое звено представлена вязко-упругой моделью рабочей жидкости (энергонесителя), составленной из безынерционных упругого и диссипативного элементов (тела Кельвина-Фохта).

Ключевые слова: моделирование, динамика, модель, генератор импульсов давления, гидроимпульсное устройство, виброточение.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Виброрезание и в частности виброточение, по сравнению с обычным точением имеет ряд известных технологических преимуществ, особенно при обработке вязких материалов типа нержавеющей сталей и титановых сплавов. Широкое внедрение в технологию механической обработки виброточения сдерживается отсутствием компактных устройств с широким диапазоном регулирования вибронегрузки для реализации этого вида обработки.

В какой-то мере эту проблему можно решить с помощью гидроимпульсных устройств для виброточения, распределительно-силовые звенья которых является комбинацией гидравлического поршня с прорезной пружиной со встроенным в него ГИД. Такая конструкция устройства обеспечивает его малые габариты, что позволяет монтировать эти устройства непосредственно в резцедержателе токарного станка. Поскольку использование гидроимпульсного привода в устройствах для вибрационного резания в тех-

нической литературе не описано, то теоретическое и экспериментальное исследование динамических и других процессов в таких устройствах является важной научной и практической задачей.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Теоретическим исследованием гидроимпульсного привода и разработанных на его основе различных вибрационных и виброударных машин посвящено достаточно большое количество работ И.Б. Матвеева, Р.Д. Исковича-Лотоцкого, Р.Р. Обертюха, И.В. Севостьянова и др., в которых обоснованы основные положения и методы моделирования машин вибрационного и виброударного действия [1, 2, 3, 4, 12, 13, 14, 16, 19, 20].

Обычно, чтобы обеспечить достаточно высокую частоту вибраций исполнительного звена гидроимпульсных вибрационных машин, напорная полость гидроимпульсного привода этих машин имеет небольшой объем. Это позволяет гидравлическое звено этого привода представить в виде "упруго-сосредоточенной модели" [2, 6, 9, 20], составленной из безынерционных упругого k_{0r} и диссипативного c_{0r} элементов (тело Кельвина-Фохта), что может деформироваться с определенной скоростью. Экспериментальными исследованиями [2, 9, 15] подтверждена корректность предложенной модели гидравлического звена.

Поскольку гидросистемы разработанных авторами гидроимпульсных устройств для виброрезания [5, 6, 7, 17, 18] также имеют малый объем напорной полости, то модель их гидравлической звена целесообразно представить в виде тела Кельвина-Фохта.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Авторами работ [5, 6, 7, 17, 18] предложена конструкция малогабаритного гидроимпульсного устройства для радиального виброточения со встроенным ГИД, параметрического типа с клапанным запорно-распределительным элементом, встроенным в силовое звено — поршень-прорезную пружину (ППП), что при малых габаритах имеет высокую жесткость. Нагрузка реза осуществляется пакетом тарельчатых пружин (ПТП), а запорно-распределительный элемент ГИД (шарик или клапан) нагружено через регулятор давления открытия ГИД, основным силовым звеном которого является обычная цилиндрическая пружина сжатия.

С целью разработки корректной научной методики расчета и проектирования предложенного устройства целесообразно теоретически и экспериментально исследовать его динамику, разработав динамическую и математическую модели устройства.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Создание динамической модели гидроимпульсного устройства для виброточения со встроенным ГИД параметрического типа следует начать с рассмотрения его структурно-расчетной схемы (рисунок 1).

Основными звеньями устройства является силовое звено — ППП массой m_1 и встроенный однокаскадный ГИД параметрического типа, состоящий из шарика (запорный элемент ГИД) массой m_3 , толкателя массой m_4 и витой пружины с жесткостью k_3 и регулирующего винтового механизма. Пружинная часть ППП имеет жесткость k_2 и направляется в расточке корпуса устройства (условно не показан). Пружина встроенного ГИД с клапанным (шариковым) запорно-регулирующим элементом (ЗРЭ) и размещена внутри ППП. Сила жидкостного трения при перемещении ППП в расточке корпуса характеризуется коэффициентом c_2 вязкого сопротивления.

Давление "открытие" ГИД обуславлива-

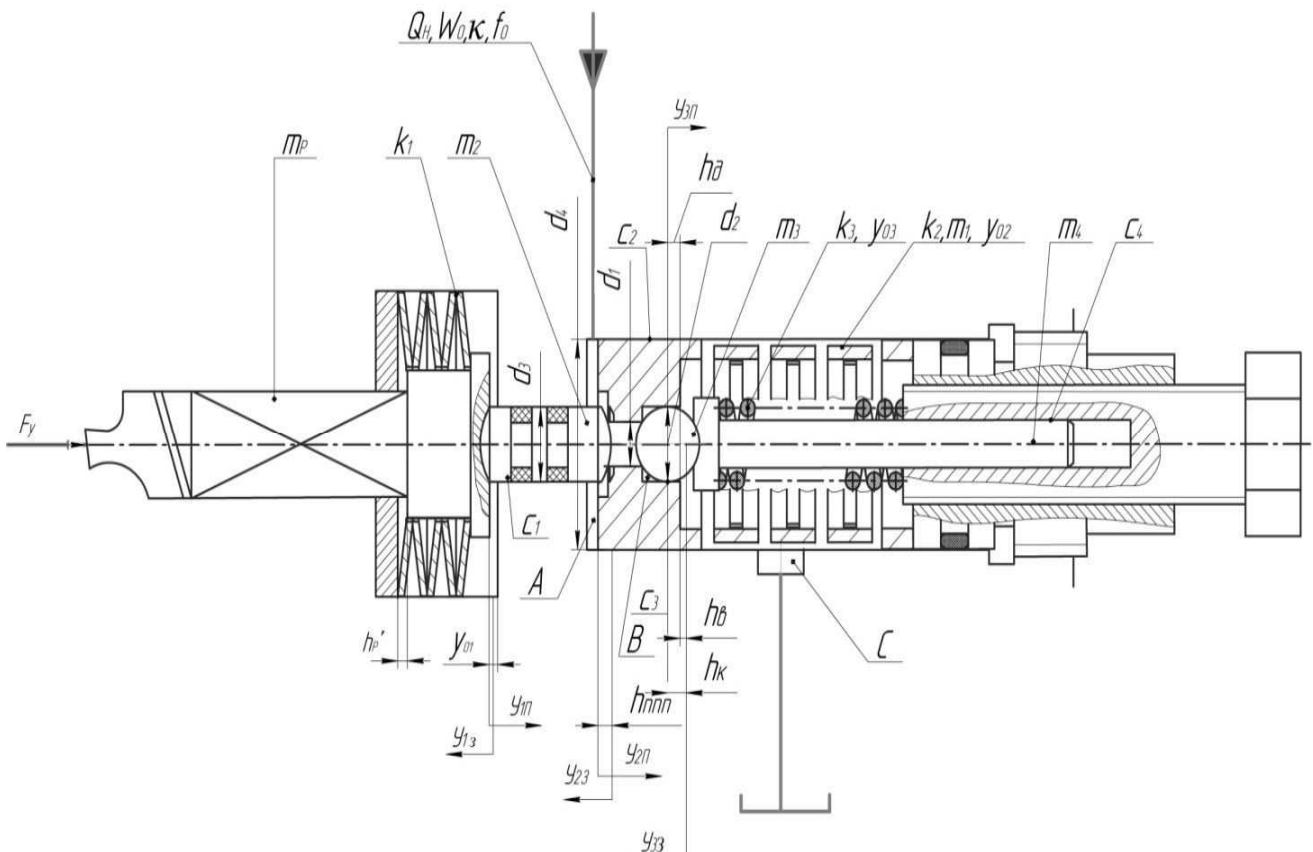


Рис. 1. Структурно-расчетная схема гидроимпульсного устройства для радиального виброточения со встроенным ГИД

Fig. 1. Structural calculation chart of hydropulse device for radial vibroturning with the built-in generator of pulses pressure (GPP) are considered

ется площадью поперечного сечения $f_1 = \pi d_1^2 / 4$ контактирует с шариком — ЗРЭ ГИД с центральным отверстием диаметром d_1 в ППП и уровнем предварительной деформации y_{03} пружины регулятора давления ГИД, изменение которой осуществляется простым винтовым механизмом регулятора.

Рабочая жидкость (энергоноситель) в количестве Q_H (подача гидронасоса привода) подводится в напорную полость A устройства, которая отделяется от промежуточной полости B контактом ЗРЭ с отверстием диаметром d_1 . Промежуточная полость B от сливной C отделяется положительным перекрытием h_0 , образованным сопряжением ЗРЭ диаметром d_2 с внутренней центральной расточкой в поршневой части ППП. Площади f_1 и $f_2 = \pi d_2^2 / 4$ поперечного сечения ступеней ЗРЭ являются геометрическими элементами параметрического ГИД, обуславливающих процесс генерирования импульсов давления энергоносителя в гидросистеме привода устройства. Напорная и сливная гидролинии привода устройства организуются в виде гибких рукавов высокого давления, которые, соответственно, соединяются с гидронасосом и гидробаком гидросистемы (гидростанции) привода устройства.

Торец поршневой части ППП через сферическую поверхность контактирует с сферическим торцом толкателя массой m_2 и диаметром d_3 , размещенным в расточке корпуса и уплотненным резиновыми кольцами круглого сечения. Толкатель другим сферическим торцом сопрягается со сферической поверхностью цилиндрической части державки резца массой m_p , нагруженного пакетом тарельчатых пружин (ПТП) жесткостью k_1 (жесткость пакета). Угловые смещения резца при обработке исключаются сопряжением его прямоугольной (или квадратной) части державки с отверстием передней (по чертежу см. рисунок 1) крышки устройства.

Между внутренним торцом передней крышки и торцом перехода цилиндрической части державки резца в прямоугольную образован зазор h_p , который уменьшается на величину предварительной деформации y_{01} ПТП, вызываемой действием давления энер-

гоносителя на торец толкателя со стороны напорной полости A и силой прорезной пружины ППП и пружины регулятора давления ГИД: $h'_p = h_p - y_{01}$.

Жесткости k_1 , k_2 и k_3 соответственно ПТП, прорезной пружины ППП и витой пружины регулятора давления «открытие» ГИД целесообразно подбирать таким образом, чтобы ПТП деформировался за счет регулирования предварительных деформаций пружин ППП y_{02} и регулятора давления «открытие» ГИД y_{03} . При ненагруженном резце, согласно сделанного замечания, будет выполняться условие, в предположении что силы трения покоя в подвижных соединениях устройства малы по сравнению с упругими силами:

$$k_1 \cdot y_{01\max}^c = k_2 \cdot y_{02\max}^c + k_3 \cdot y_{03\max}^c, \quad (1)$$

где: $y_{01\max}^c$, $y_{02\max}^c$, $y_{03\max}^c$ — максимальные предварительные деформации ПТП, пружинной части ППП и пружины регулятора давления «открытие» ГИД при отсутствии давления энергоносителя в полости A устройства.

Процесс статического (не вибрационного) точения может происходить при условии:

$$k_2 \cdot y_{02\max}^c + k_3 \cdot y_{03\max}^c \geq k_1 \cdot y_{01\max}^c + \bar{F}_y, \quad (2)$$

где: $y_{01}^c < y_{01\max}^c$ — предварительная деформация ПТП, уменьшенная действием осевой составляющей силы резания \bar{F}_y (среднее значение силы). Дополнительная деформация пружин ППП и ЗРЭ ГИД может реализовываться за счет радиальной подачи S_r суппортом станка или дополнительной регулировкой этих пружин после установки устройства в резцедержатель станка до контакта с деталью, подлежащей обработке.

Из условия (2) получим:

$$y_{01}^c \leq (k_2 \cdot y_{02\max}^c + k_3 \cdot y_{03\max}^c - \bar{F}_y) / k_1. \quad (3)$$

Чтобы не было кинематического замыкания между торцом перехода цилиндрической части державки резца в прямоугольную и внутренним торцом передней крышки устройства (см. рис. 1), целесообразно величину

зазора h_p назначить такой, чтобы выполнялось условие:

$$h_p \geq y_{01\max}^c + 0,5 \text{ мм} , \quad (4)$$

В случае реализации равенства в условии (2): $y_{01\max}^c = y_{01}^c + \Delta y_{01}^c$, $y_{02\max}^c = y_{02}^c + \Delta y_{01}^c$ и $y_{03\max}^c = y_{03\max}^c + \Delta y_{01}^c$, тогда с учетом (1), найдем:

$$\Delta y_{01}^c = \bar{F}_y / (k_1 + k_2 + k_3). \quad (5)$$

Очевидно, что в результате дополнительной регулировки пружин ППП и ЗРЭ ГИД суппортом станка за счет радиальной подачи S_i :

$$\begin{aligned} y_{01\max}^c &= y_{01}^c + \Delta y_{01}^c, \\ y_{02\max}^c &= y_{02}^c + \Delta y_{01}^c, \\ y_{03\max}^c &= y_{03\max}^c + \Delta y_{01}^c. \end{aligned} \quad (6)$$

Учитывая равенства (1) и (6) в неравенстве (2), найдем:

$$\Delta y_{01}^c \geq \bar{F}_y / (k_1 + k_2 + k_3), \quad (7)$$

где: Δy_{01}^c — необходимое уменьшение предварительной деформации ПТП для реализации процесса статического резания. Из неравенства (7) следует, что минимальное значение $\Delta y_{01\min}^c = \bar{F}_y / (k_1 + k_2 + k_3)$, определяется только уровнем силы резания и жесткостями упругих элементов устройства.

С подведением в полость A устройства (см. рисунок 1) энергоносителя под давлением условие статического резания (2) изменится. Это условие можно определить из уравнения статического равновесия движущихся систем резца, ПТП, ППП и ЗРЭ ГИД:

$$k_2 \cdot y_{02\max} + k_3 \cdot y_{03\max} - p_0(f_4 - f_3) \geq k_1 \cdot y_{01} + \bar{F}_y, \quad (8)$$

где: $p_r = p_0$ — давление в напорной полости A устройства, что отвечает статическому равновесию его движущихся систем; $y_{02\max} > y_{02\max}^c$, $y_{03\max} > y_{03\max}^c$ — деформации упругих элементов ППП и ГИД, что автоматически определяются уровнем p_0 и также регулируются радиальной подачей S_i суппорта станка; — площадь поперечного сечения толкателя диаметром; $f_3 = \pi d_3^2 / 4$ — площадь поперечного сечения поршневой части ППП диаметром d_4 . $y_{01} < y_{01}^c$ — предварительная деформация ПТП, уменьшенная

действием давления p_0 на разницу площадей $(f_4 - f_3)$.

Из неравенства (8), найдем:

$$y_{01} \leq [k_2 \cdot y_{02\max} + k_3 \cdot y_{03\max} - \bar{F}_y - p_0(f_4 - f_3)] / k_1. \quad (9)$$

Величина y_{01} фактически есть максимально возможной амплитудой колебаний реза устройства.

Движение системы (прямой ход) ППП при неподвижном относительно ППП ЗРЭ ГИД начинается вследствие роста давления в полости A :

$$p_r \geq p_0 = \frac{(k_2 \cdot y_{02\max} + k_3 \cdot y_{03\max} - k_1 \cdot y_{01} - \bar{F}_y)}{(f_4 - f_3)}. \quad (10)$$

В момент начала движения ППП можно предположить, что контакт между ППП и системой резец — ПТП — толкатель (РПТП) разрывается и на пути их прямого хода эти системы движутся независимо. Согласно сделанным предположениям, давление «открытие» ГИД можно определить по уравнению:

$$p_1 \geq [k_2(y_{02\max} + h_{02}) / f_4 = k_3(y_{03\max} + h_{02}) / f_1], \quad (11)$$

где h_{02} — перемещение ППП за время роста давления в гидросистеме (напорной полости A) устройства от p_0 до p_1 .

С (10) перемещение h_{02} можно определить по двум вариантам:

а)

$$h_{02} = \left(y_{02\max} - \frac{k_3 \cdot f_4}{k_2 \cdot f_1} y_{03\max} \right) / \left(\frac{k_3 \cdot f_4}{k_2 \cdot f_1} - 1 \right), \quad (12)$$

б)

$$h_{02} = \left(y_{03\max} - \frac{k_2 \cdot f_1}{k_3 \cdot f_4} y_{02\max} \right) / \left(\frac{k_2 \cdot f_1}{k_3 \cdot f_4} - 1 \right). \quad (13)$$

Анализ этих вариантов показывает, что отношение:

$$(k_3 \cdot f_4) / k_2 \cdot f_1 \neq 1 \text{ та } (k_3 \cdot f_4) / k_2 \cdot f_1 > 1$$

и

$$(k_2 \cdot f_1) / k_3 \cdot f_4 \neq 1 \text{ та } (k_2 \cdot f_1) / k_3 \cdot f_4 > 1. \quad (14)$$

По конструкции устройства и механическими характеристиками упругих элементов ППП и ГИД $y_{02\max} < y_{03\max}$, $k_2 \gg k_3$ и $f_1 \ll f_4$, тогда с учетом (14) по варианту а) (см. (12) перемещение h_{02} является отрицательной величиной, поскольку:

$y_{02\max} - \frac{k_3 \cdot f_4}{k_2 \cdot f_1} y_{03\max} < 0$, что не имеет физического смысла.

По варианту б) (см. (13):

$$y_{03\max} - \frac{k_2 \cdot f_1}{k_3 \cdot f_4} y_{02\max} > 0, \quad (15)$$

откуда:

$$y_{03\max} > \frac{k_2 \cdot f_1}{k_3 \cdot f_4} y_{02\max}. \quad (16)$$

Из условия $(k_2 \cdot f_1) / (k_3 \cdot f_4) > 1$, найдем:

$$k_2 / k_3 > f_4 / f_1, \quad (17)$$

$$f_1 > (k_3 \cdot f_4) / k_2. \quad (18)$$

Предварительные расчетные исследования влияния изменения параметров прорезной пружины на ее жесткость и силовую характеристику позволили установить оптимальный диапазон изменения предварительной деформации $y_{02\max}$ пружинной части ППП. Этот диапазон лежит в пределах 1,0...2,5 мм, что позволяет назначить зазор $h_p = 1,5...2,0$ мм. Поскольку $k_2 \gg k_3$, а жесткости k_2 и k_1 могут быть сопоставимыми, то деформация $y_{02\max}$ (см. (1)) фактически определяет величину предварительной деформации $y_{01\max}$ ПТП и зазор h_p . При условии $y_{01\max} \approx y_{02\max}$, $h_p = 1,5...3$ мм.

По данным теоретических и экспериментальных исследований во время виброрезания на частотах вибраций до 200 Гц требуемая стойкость инструмента обеспечивается, если амплитуда вибраций не превышает 1,0...2,0 мм [7]. Такие параметры достигаются в гидроимпульсном приводе при достаточной жесткости его гидросистемы, которая реализуется при малых объемах напорных гидролиний и полости W_0 . В работах [2, 3, 6, 9] для таких систем используют "упруго-сосредоточенную" модель энергоносителя, пренебрегая массой жидкости в напорном объеме, а гидравлическое звено привода представляется телом Кельвина-Фохта [18, 19] в виде вязко-упругой модели, составленной из параллельно соединенных безынерционных упругого k_{0r} и диссипативного c_{0r} элементов. В процессе работы гидроимпульсного привода гидравлическое звено

деформируется с определенной скоростью и взаимодействует с другими звеньями (массами) привода через передаточные отношения i_{oj} (здесь $j = 1, 2, 3, \dots n$ — порядковый номер звена привода).

Как показано в работах [6, 9] жесткость k_{0r} безынерционного упругого элемента можно определить относительно усредненных площадей поперечного сечения напорной f_0 и сливной $f_{03л}$ полостей, которые рассчитываются по простым зависимостям [14, 19]:

$$f_0 = \sum_{i=1}^n (l_i f_i) / \sum_{i=1}^n l_i; \quad (19)$$

$$f_{03л} = \sum_{i=1}^n (l_{i3л} f_{i3л}) / \sum_{i=1}^n l_{i3л}, \quad (20)$$

где: l_i , f_i , $l_{i3л}$, $f_{i3л}$ — соответственно, длина и площадь сечения i -го гидроканала (гидролинии) напорной и сливной полости гидросистемы привода. В процессе работы гидроимпульсного привода жесткости k_{0r} и $k_{03л}$ изменяются, поскольку суммарные объемы напорной W_Σ и сливной $W_{\Sigma3л}$ полостей являются переменными, но переменные части этих объемов малы по сравнению с постоянными, поэтому, в целях упрощения математических выкладок при разработке математических моделей привода, сменными частями объемов W_Σ и $W_{\Sigma3л}$ можно пренебречь. Это допущение позволяет считать жесткости $k_{0r} = k_0 = const$ и $k_{03л} = const$. Кроме того, как правило, для жестких гидросистем гидроимпульсного привода $W_0 \ll W_{03л}$ (здесь W_0 и $W_{03л}$ — соответственно начальные объемы напорной и сливной полостей гидросистемы привода). Поскольку по известной зависимости [2, 9] жесткость безынерционного упругого элемента:

$$k_0 = f_0^2 \kappa W_0^{-1}, \quad (21)$$

(здесь κ — приданный модуль упругости гидросистемы привода при предположении $\kappa = const$) определяется относительно W_0 , то, учитывая сказанное, $k_0 \gg k_{03л}$, что позволяет не рассматривать влияние на динамику привода гидрозвена сливной полости и сливных гидролиний. Такое допущение идентично

традиционным подходам к моделированию гидравлических систем, где воздействием давления энергоносителя в сливных гидролиниях пренебрегают, считая его равным нулю.

В работах [2, 3, 6, 9] показано, что при допущении $W_0 = const$ и $k_0 = const$, жесткость гидравлического звена привода можно привести к любой площади поперечного сечения элементов ГИД, гидродвигателя т.п. по формуле:

$$k_{oj} = i_{oj} \cdot k_0, \quad (22)$$

где: $i_{oj} = f_j^2 \cdot f_0^{-2}$ — передаточное отношение от гидравлического звена к соответствующему звену ГИД, гидродвигателя т.д., $j = 1, 2, 3, \dots, n$ — порядковый номер звена элементов привода.

Сила F_{f_0} вязкого сопротивления безынерционного диссипативного элемента c_0 в предложенной модели [9] гидравлического звена находится по закону Ньютона:

$$F_{f_0} = c_0 \bar{x}_{or} \approx c_0 \cdot \dot{x}_{or} \quad (23)$$

где: $\dot{x}_{or} = dx_{or} / dt$ — скорость деформации гидравлического звена (тела Кельвина-Фохта) (\bar{x}_{or} — средняя скорость деформации гидравлической звена); $c_0 = \mu \pi d_0 / 4$ — коэффициент вязкого сопротивления деформирования гидравлического звена, μ — динамическая вязкость энергоносителя; $d_0 = 2\sqrt{(f_0 / \pi)}$ — диаметр усредненной напорной полости гидролинии. При $k_0 = const$, как показано в работах [3, 6, 9], давление энергоносителя в напорной усредненной гидролинии связана с деформацией гидравлического звена простой зависимостью:

$$p_r = x_{or} \cdot k_0 \cdot f_0^{-1}. \quad (24)$$

Деформацию x_{or} можно приводить к площади поперечного сечения любого элемента привода по формуле [9]:

$$x_{f_j} = x_{or} \cdot i_{0j}^{-0,5}. \quad (25)$$

В случае сведения диссипативного элемента гидравлического звена к соответствующим площадям гидроимпульсного привода, диссипативную силу сопротивления можно определить по формуле [9], аналогичной (23) с учетом скорости движения звена привода:

$$F_{ff} = i_{0j}^{-0,5} c_0 (\dot{x}_{ff} \mp \dot{y}_j), \quad (26)$$

где \dot{x}_{ff} , \dot{y}_j — соответственно, приведенная к определенной площади поперечного сечения звена привода скорость деформации гидравлического звена и скорость звена привода.

Рабочий цикл гидроимпульсного устройства для виброрезания можно представить ориентировочной циклограммой (рисунок 2), на которой изображены условные кривые изменения во времени (на каждом графике кривой по оси абсцисс нанесены соответствующие отрезки времени) давления p_r (деформации x_{or} гидравлической звена) в напорной полости A (см. рисунок 1) (кривая 1), перемещение y_1 системы РПТТ (резца, кривая 2), перемещение y_2 ППП (кривая 3), перемещение y_3 шарикового клапана ГИД (ЗРЭ ГИД) (кривая 4). Экспериментально установлено [2, 9], что в гидроимпульсных приводах первый импульс давления отличается от последующих, поэтому каждая кривая циклограммы содержит два импульса давления и перемещений: первый и следующий.

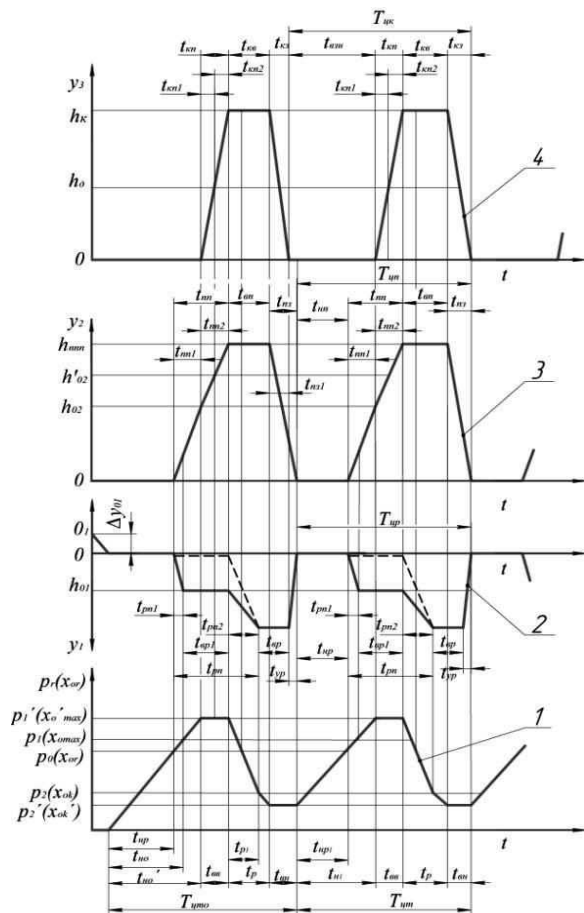
Учитывая очень малый объем камеры B и малую длину и объем щели между седлом и ЗРЭ ГИД во время его открытия и соединения камер A и B , на циклограмме отсутствует кривая изменения давления в камере B (см. рисунок 2), которая идентична кривой 1. Исследованиями ГИД гидроимпульсных приводов установлено [9], что в промежуточных камерах типа B при срабатывании запорных элементов давление энергоносителя уравнивается с давлением в напорной полости практически за миллионные доли секунды, то есть мгновенно. Это позволяет в уравнениях динамики, что описывают процессы работы гидроимпульсных приводов, не учитывать изменение давления энергоносителя в таких малых полостях.

Согласно циклограммы (см. рисунок 2) рабочий цикл устройства можно разделить на отдельные условные фазы. К каждой фазе рабочего цикла устройства можно составить математическую модель в виде системы дифференциальных уравнений движения звеньев устройства уравнений расходов энергоносителя и условий однозначности.

С целью упрощения математического описания работы привода устройства, от-

ДИНАМИЧЕСКАЯ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛИ ГИДРОИМПУЛЬСНОГО ВИБРОУДАРНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ РАДИАЛЬНОГО ВИБРОТОЧЕНИЯ С ВСТРОЕННЫМ ШАРОВЫМ ГЕНЕРАТОРОМ ИМПУЛЬСОВ ДАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ТИПА

дельные фазы рабочего цикла можно объединить в прямой и обратный ходы звеньев устройства. Динамические модели гидроимпульсного устройства для виброточения на основе его структурно-расчетной схемы (см. рисунок 1) и представления гидравлического звена в виде тела Кельвина-Фохта можно изобразить в виде трехмассовых систем как для прямого (рисунок 3, а), так и обратного (рис. 3, б) ходов звеньев устройства.



1 — кривая изменения давления энергоносителя в напорной полости (деформации гидравлической звена); 2 — кривая перемещения РПТПТ (резца); 3 — кривая перемещения ППП; 4 — кривая перемещения шарикового клапана ГИД

Рис. 2. Циклограмма рабочего цикла гидроимпульсного устройства для виброточения
Fig. 2. Timeline workflow hydropulse device for vibroturning

На этих динамических моделях, кроме ранее описанных, нанесены еще следующие величины: $i_{01(02)}$ — передаточное отношение

от гидравлического звена устройства к ЗРЭ ГИД, которое во время прямого хода этого звена устройства и ППП принимает следующие значения в зависимости от значения текущих координат $y_{2П}$ и $y_{3П}$ а именно за: $0 \leq y_{2П} \leq h_{02}$ и $y_{3П} = 0$ — $i_{01} = f_1^2 \cdot f_0^{-2}$; $h_{02} < y_{2П} \leq h_{mm}$ и $0 < y_{3П} < h_k$ — $i_{02} = f_2^2 \cdot f_0^{-2}$; $i_{02(01)}$ — передаточное отношение между предварительно упомянутыми звеньями устройства, но во время обратного хода: $i_{02} = f_2^2 \cdot f_0^{-2}$ при $0 \leq y_{3П} \leq h_k$ и $0 \leq y_{2П} \leq (h_{mm} - h_p)$ та $i_{01} = f_1^2 \cdot f_0^{-2}$ при $y_{2П} = h_k$ и $h_{mm} - h_p < y_{2П} \leq h_{mm}$; $i_{04} = f_4^2 \cdot f_0^{-2}$ — передаточное отношение от гидравлического звена к ППП при $0 \leq y_{2П} \leq h_{02}$ та $y_{2П} > h_{mm} - h_p$; $i_{05} = (f_4 - f_2 + f_1)^2 \cdot f_0^{-2}$ — передаточное отношение от гидравлического звена к ППП $h_{02} \leq y_{2П} \leq h_{mm}$ и $y_{2П} \leq h_{mm} - h_p$; $i_{03} = f_3^2 \cdot f_0^{-2}$ — передаточное отношение от гидравлического звена к системе РПТПТ;

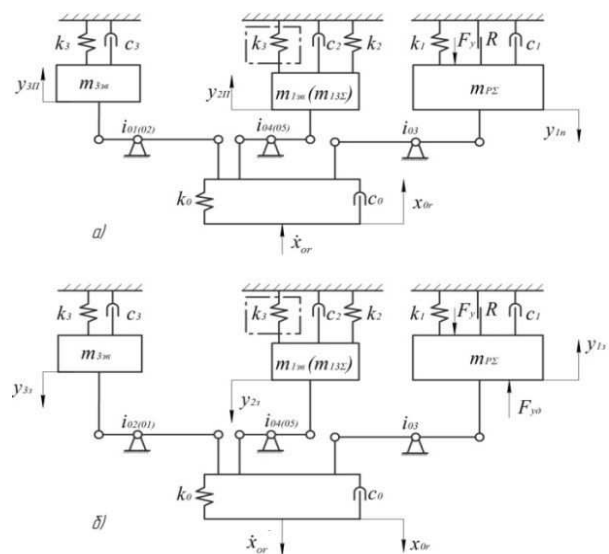


Рис. 3. Динамические модели гидроимпульсного устройства для радиального виброточения для прямого (а) и обратного (б) ходов звеньев

Fig. 3. Dynamic models hydropulse device for radial vibroturning for direct (a) and inverse (b) moves links

R — сила сухого (или полусухого) трения в сопряжении прямоугольного (или квадратного) сечения державки резца с соответствующим профильным отверстием на-

правляющей крышки (см. рисунок 1); c_1 — коэффициент вязкого трения в сопряжении толкателя системы РПТП с отверстием его размещения в корпусе устройства; F_{y_d} — сила ударного взаимодействия ППП и системы РПТП, которую можно определить по закону сохранения количества движения:

$$F_{y_d} = m_{13\Sigma} \cdot \dot{y}_{23} / t_{y_d}, \quad (27)$$

где: t_{y_d} — время действия силы F_{y_d} .

Поскольку во время прямого и обратного ходов ППП и ЗРЭ ГИД эти звенья устройства некоторое время двигаются как одно целое, то прямое движение массы начнется при условии $y_{2П} \geq h_{02}$, а обратное перемещение ЗРЭ ГИД закончится ($y_{33} = 0$), когда $y_{23} = h_{nmn} - h_p$.

При указанных значениях текущих перемещений ППП и ЗРЭ ГИД на приведенную массу ППП и ЗРЭ ГИД $m_{13\Sigma}$ будет действовать соответствующая сила пружины регулятора давления «открытие» ГИД (см. рисунок 3, где жесткость k_3 , что связанная с массой $m_{13\Sigma}$ соответственно обозначены прямоугольником с штрихпунктирных линий и круглыми скобками).

В реальной системе привода устройства все факторы влияющие на его динамику являются переменными и во многом меняются случайным образом. Попытки учесть большое число таких факторов создало бы практически непреодолимые математические трудности при построении математической модели устройства, поэтому целесообразно, кроме изложенных, принять допущение, аналогичные приведенным в работах [2, 9].

На основании изложенных соображений и принятой системы допущений, динамические модели (см. рисунок 3, а, б) прямого и обратного ходов звеньев гидроимпульсного устройства для виброточения, путем приведения гидравлического звена привода устройства к его движущимся звеньям, можно представить в виде простых моделей: прямого и обратного ходов ППП (рисунок 4, б, в) и системы РПТП (рисунок 4, г, д, е). Полученные динамические модели и структурно-расчетная схема (см. рисунок 1) содержат базовую информацию достаточную для построения математических моделей

прямого и обратного ходов движущихся масс $m_{13\epsilon}$, $m_{13\Sigma}$, $m_{33\epsilon}$ и $m_{p\Sigma}$ звеньев устройства. Важной составной частью этих моделей является уравнение связи — уравнения расхода энергоносителя, замыкающие уравнения движения масс $m_{13\epsilon}$, $m_{13\Sigma}$, $m_{33\epsilon}$ и $m_{p\Sigma}$.

Поскольку время продолжительности динамических процессов во всех известных численных методах решения дифференциальных уравнений и их анализа является независимым аргументом, что может соответствующим образом разделяться на очень маленькие промежутки (шаги), то для построения уравнений расходов энергоносителя через проходные сечения ЗРЭ ГИД (см. рисунок 1) можно воспользоваться методикой разработанной в работах [2, 9].

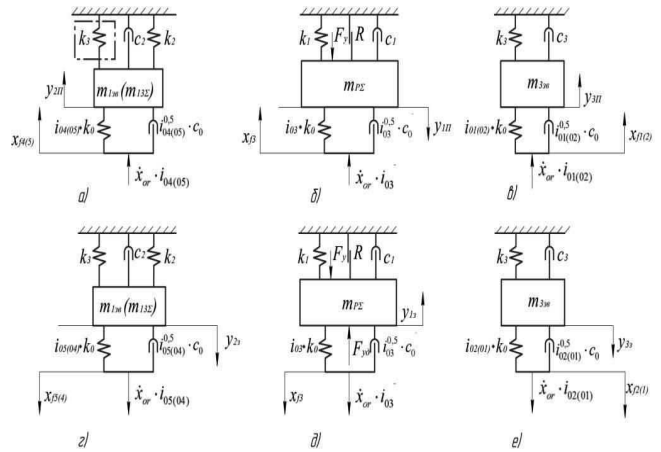


Рис. 4. Динамические модели прямого (а, б, в) и обратного (г, д, е) ходов ППП, системы РПТП и ЗРЭ ГИД

Fig. 4. Dynamic models for direct and inverse moves links PPP, system RPTPT and ZRP

Согласно с этими разработками деформация гидравлического звена гидросистемы привода устройства будет изменяться по закону для ходов звеньев устройства:

прямого —

$$x_{or} = x_{o\max} - Q_{\Sigma l_{П}} \cdot t \cdot f_0^{-1} \quad (28)$$

и части обратного хода для $0 \leq y_{23} < h_{02}$ и $Q_{\Sigma l'_{3}}$;

обратного для $h_g \leq y_{33} \leq h_k$ —

$$x_{or} = x_{ok} + Q_{\Sigma l'_{3}} \cdot t' \cdot f_0^{-1} = x_{o\max} i_{21}^{0.5} + Q_{\Sigma l'_{3}} \cdot t' \cdot f_0^{-1}, \quad (29)$$

где $Q_{\Sigma l_{П}}$, $Q_{\Sigma l'_{3}}$ — соответственно, суммарный расход энергоносителя через гидроканалы и

ДИНАМИЧЕСКАЯ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛИ ГИДРОИМПУЛЬСНОГО ВИБРОУДАРНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ РАДИАЛЬНОГО ВИБРОТОЧЕНИЯ С ВСТРОЕННЫМ ШАРОВЫМ ГЕНЕРАТОРОМ ИМПУЛЬСОВ ДАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ТИПА

открытую щель ЗРЭ ГИД, которая соответствует определенным перемещением ППП, ЗРЭ ГИД и системы РПТПТ на пути прямого (индекс $l = 1 \dots 4$) и обратного (индекс $l' = 1 \dots 4$) ходов; t, t' — соответственно, текущее время изменения x_{or} для определенного „ l ” изменения $Q_{\Sigma l}$ или $Q_{\Sigma l'}$, которое можно разделить на условные интервалы $[0, t_H], [t_H, t_1], [t_1, t_2], \dots, [t_{l-1}, t_{l+1}], [0, t'_1], \dots, [t'_{l-1}, t'_{l+1}], [t'_{l+1}, t'_H]$.

Количество необходимых интервалов времени и соответствующие им изменение деформации гидравлического звена x_{or} и суммарные расходы энергоносителя $Q_{\Sigma l}$ и $Q_{\Sigma l'}$, можно установить на основе по фазного анализа рабочего процесса устройства и зависимостей (28) и (29). В результате получим для ходов движущихся звеньев устройства:

прямого —

- 1) $x_{or} = f_0^{-1} \int_0^{t_H} Q_H dt$ при: $y_{1\Pi} = 0, y_{2\Pi} = 0,$
 $y_{3\Pi} = 0, 0 \leq t \leq t_H,$
 - 2) $x_{or} = x_{o\max} - Q_{\Sigma 1\Pi} \cdot t \cdot f_0^{-1}$ при:
 $0 \leq y_{1\Pi} \leq h_{01}, 0 \leq y_{2\Pi}, y_{3\Pi} \leq h_{02}, y_{3\Pi} = 0;$
 $t_H < t \leq t_1, t = t_1$ при $y_{2\Pi} = h_{02},$
 $y_{3\Pi} = 0,$
 - 3) $x_{or} = x_{o\max} - Q_{\Sigma 2\Pi} \cdot t \cdot f_0^{-1}$ при $y_{1\Pi} = h_{01}$
 $h_{02} < y_{2\Pi} < h_{nmn}, 0 \leq y_{3\Pi} \leq h_0,$ (30)
 $t_1 < t \leq t_2, t = t_2$ при $y_{3\Pi} = h_0,$
 - 4) $x_{or} = x_{o\max} - Q_{\Sigma 3\Pi} \cdot t \cdot f_0^{-1}$ при $h_{01} < y_{1\Pi} \leq h_p,$
 $h_0 < y_{3\Pi} \leq h_k, h_{02} < y_{2\Pi} \leq h_{nmn},$
 $t_2 < t \leq t_3, t = t_3$ при $y_{3\Pi} = h_k,$
 $y_{2\Pi} = h_{nmn},$
 - 5) $x_{or} = x_{o\max} - Q_{\Sigma 4\Pi} \cdot t \cdot f_0^{-1}$
 при $y_{1\Pi} = h_p,$
 $y_{3\Pi} = h_k, t_3 < t \leq t_4, t = t_4$ при $y_{1\Pi} = h_p,$
- обратного —
- 1) $x_{or} = x_{o\max} - Q_{\Sigma 13} \cdot t' \cdot f_0^{-1}$ при: $y_{13} = 0,$
 $y_{23} = 0, y_{33} = 0, 0 \leq t' \leq t'_1,$
 - 2) $x_{or} = x_{o\max} \cdot i_{21}^{0,5} + Q_{\Sigma 23} \cdot t' \cdot f_0^{-1}$ при $y_{13} = 0;$

$$0 \leq y_{33} \leq (h_{nmn} - h_p), 0 \leq y_{33} \leq h_0, \quad (31)$$

$$t'_1 \leq t' \leq t'_2, t' = t'_2 \text{ при } y_{33} = h_0,$$

$$3) x_{or} = x_{o\max} \cdot i_{21}^{0,5} + Q_{\Sigma 33} \cdot t' \cdot f_0^{-1} \text{ при}$$

$$y_{13} = 0, h_{nmn} - h_p < y_{23} \leq h_{nmn}, h_0 < y_{33} \leq h_k,$$

$$t'_2 \leq t' \leq t'_3, t' = t'_3 \text{ при } y_{33} = h_k,$$

$$4) x_{or} = x_{o\max} \cdot i_{21}^{0,5} + Q_{\Sigma 43} \cdot t' \cdot f_0^{-1} \text{ при}$$

$$y_{13} = h_p, y_{23} = h_{nmn}, y_{33} = h_k,$$

$$t'_3 \leq t' \leq t'_4, t' = t'_4 \text{ при } y_{13} = h_p,$$

$$5) x_{or} = f_0^{-1} \int_0^{t'_H} Q_H dt \text{ при } y_{13} = h_p,$$

$$y_{23} = h_{nmn}, y_{33} = h_k, t = t'_H$$

где $Q_{\Sigma 1\Pi} = f_4 \cdot \dot{y}_{2\Pi} - f_3 \cdot \dot{y}_{1\Pi}$ — на интервале $(t_H, t_1],$ $Q_{\Sigma 2\Pi} = f_2 \cdot \dot{y}_{3\Pi} + (f_4 - f_2 + f_1) \cdot \dot{y}_{2\Pi}$ — на интервале $(t_1, t_2],$

$$Q_{\Sigma 3\Pi} = \xi_3 \pi d_2 [(y_{3\Pi} - h_0) + |(y_{3\Pi} - h_0)|] / \sqrt{2k_0 f_0^{-1} \rho^{-1} \cdot x_{or}} =$$

$$= Q_H - f_2 \cdot \dot{y}_{3\Pi} - (f_4 - f_2 + f_1) \cdot \dot{y}_{2\Pi} \text{ — на интервале } (t_2, t_3],$$

$$Q_{\Sigma 4\Pi} = Q_{\Sigma 13} = \frac{\xi_3 \pi d_2 [(h_k - h_0) + |(h_k - h_0)|]}{\sqrt{2k_0 f_0^{-1} \rho^{-1} \cdot x_{or}}} = Q_H \text{ —}$$

на интервалах $(t_3, t_4]$ и $[0, t'_1],$

$$Q_{\Sigma 23} = \xi_3 \pi d_2 [(y_{33} - h) + |(y_{33} - h_0)|] / \sqrt{2k_0 f_0^{-1} \rho^{-1} \cdot x_{or}} =$$

$$= Q_H + f_2 \cdot \dot{y}_{33} + (f_4 - f_2 + f_1) \cdot \dot{y}_{23} \text{ — на интервале } [t'_1, t'_2],$$

$$Q_{\Sigma 33} = Q_H + f_2 \cdot \dot{y}_{33} + (f_4 - f_2 + f_1) \cdot \dot{y}_{23},$$

— на интервале $[t'_2, t'_3],$ $Q_{\Sigma 43} = Q_H + f_4 \cdot \dot{y}_{23},$ — на интервале $[t'_3, t'_4].$ Для определения $Q_{\Sigma 3\Pi},$ $Q_{\Sigma 13}$ и $Q_{\Sigma 23}$ можно использовать как левые, так и правые части приведенных выражений.

Уравнения, которые характеризуют изменение деформации гидравлической звена x_{or} на прямом и обратном ходах движущихся звеньев устройства, и неравенства, входящие в (30) и (31) являются уравнениями расхода энергоносителя и условиями однозначности математических моделей прямого и обратного ходов звеньев устройства. Завершенные математические модели прямого и обратного ходов звеньев устройства, кроме уравнений и условий, которые входят в уравнения (30) и (31), также содержат уравнения движения масс $m_{p\Sigma}, m_{136} (m_{13\Sigma})$ и $m_{336},$ составленным на основе динамических моделей (см. рисунок 4) и принципа Д'Аламбера для ходов:

прямого —

$$m_{p\Sigma} \cdot \ddot{y}_{1\Pi} = i_{03} \cdot k_0(x_{f_3} - y_{1\Pi}) - k_1(y_{1\Pi} - y_{01}) - c_1 \dot{y}_{1\Pi} - R - F_y - i_{03}^{0,5} \cdot c_0(\dot{x}_{f_3} - \dot{y}_{1\Pi}),$$

$$m_{13\Sigma} \cdot \ddot{y}_{2\Pi} = i_{04} \cdot k_0(x_{f_4} - y_{2\Pi}) - k_2(y_{2\Pi} + y_{02}) - k_3(y_{2\Pi} + y_{03}) - c_2 \dot{y}_{2\Pi} - i_{04}^{0,5} \cdot c_0(\dot{x}_{f_4} - \dot{y}_{2\Pi}), \quad (32)$$

при $0 \leq y_{2n} \leq h_{02}$,

$$m_{136} \cdot \ddot{y}_{2\Pi} = i_{05} \cdot k_0(x_{f_5} - y_{2\Pi}) - k_2(y_{2\Pi} + h_{02} + y_{02}) - c_2 \dot{y}_{2\Pi} - i_{05}^{0,5} \cdot c_0(\dot{x}_{f_5} - \dot{y}_{2\Pi}), \text{ при } h_{02} \leq y_{2n} \leq h_{mn},$$

$$m_{336} \cdot \ddot{y}_{3\Pi} = i_{01(02)} \cdot k_0(x_{f_{1(2)}} - y_{3\Pi}) - k_3(y_{3\Pi} + h_{02} + y_{03}) - c_3 \dot{y}_{3\Pi} - i_{01(02)}^{0,5} \cdot c_0(\dot{x}_{f_{1(2)}} - \dot{y}_{3\Pi}),$$

обратного —

$$m_{p\Sigma} \cdot \ddot{y}_{13} = F_{y\partial} + i_{03} \cdot k_0[x_{f_3} + (y_{13} - h_p)] - k_1 \dot{y}_{13} - R - F_y - i_{03}^{0,5} \cdot c_0(\dot{x}_{f_3} - \dot{y}_{13}),$$

$$m_{136} \cdot \ddot{y}_{23} = k_2(y_{02} + h_{mn} - y_{23}) - i_{05} \cdot k_0[(x_{f_5} - (h_{mn} - y_{23}))] - c_2 \dot{y}_{23} - i_{05}^{0,5} \cdot c_0(\dot{x}_{f_5} - \dot{y}_{23}) \text{ при } 0 \leq y_{23} \leq h_{mn} - h_p,$$

$$m_{336} \cdot \ddot{y}_{33} = k_3(y_{03} + h_k - y_{33}) - i_{02(01)} \cdot k_0[(x_{f_{2(1)}} - (h_k - y_{33}))] - c_3 \dot{y}_{33} - i_{02(01)}^{0,5} \cdot c_0(\dot{x}_{f_{2(1)}} - \dot{y}_{33}). \quad (33)$$

В системе дифференциальных уравнений (32) и (33), кроме ограничений по времени действующих процессов и ходов подвижных звеньев устройства, которые входят в (30) и (31) (условия однозначности), необходимо ввести еще такие дополнительные условия для ходов масс $m_{p\Sigma}$, $m_{136}(m_{13\Sigma})$ и m_{336} :

прямого —

для ($y_{1\Pi} > 0, F_y = 0$ — разрыв контакта между резцом и обрабатываемой деталью (см. рисунок 1),

$$\begin{cases} y_{3\Pi} = 0, i_{01(02)} = i_{01} = f_1^2 \cdot f_0^{-2} \text{ та } x_{f_{1(2)}} = x_{f_1} = x_{or} \cdot i_{01}^{-0,5}, \\ y_{3\Pi} > 0, i_{01(02)} = i_{02} = f_2^2 \cdot f_0^{-2} \text{ та} \\ x_{f_{1(2)}} = x_{f_2} = x_{or} \cdot i_{02}^{-0,5}, \\ i_{01} = i_{02} \cdot i_{21} = i_{02} \cdot i_{02}^{-1}, i_{12} = i_{21}^{-1}, \end{cases} \quad (34)$$

(здесь x_{f_1} и x_{f_2} — соответственно деформации гидравлического звена, приведенные к площадям поперечного сечения ЗРЭ ГИД f_1 и f_2) $x_{f_3} = x_{or} \cdot i_{03}^{-0,5}$ — деформация гидравлического звена, приведена к площади поперечного сечения толкателя f_3 (см. рисунок 1), $x_{f_4} = x_{or} \cdot i_{04}^{-0,5}$, $x_{f_5} = x_{or} \cdot i_{05}^{-0,5}$ — соответственно, деформация гидравлической звена, приведена к площадям поперечного сечения

f_4 и $(f_4 - f_2 + f_1)$, $\dot{x}_{f_1} = \dot{x}_{or} \cdot i_{01}^{-0,5}$, $\dot{x}_{f_2} = \dot{x}_{or} \cdot i_{02}^{-0,5}$, $\dot{x}_{f_3} = \dot{x}_{or} \cdot i_{03}^{-0,5}$, $x_{f_4} = x_{or} \cdot i_{04}^{-0,5}$, $x_{f_5} = x_{or} \cdot i_{05}^{-0,5}$ — соответственно, текущие скорости деформации гидравлического звена, приведенные к площадям f_1 , f_2 , f_3 , f_4 та $(f_4 - f_2 + f_1)$, $\dot{y}_{1\Pi}$, $\dot{y}_{2\Pi}$, $\dot{y}_{3\Pi}$, $\ddot{y}_{1\Pi}$, $\ddot{y}_{2\Pi}$, $\ddot{y}_{3\Pi}$ — соответственно, текущие скорости и ускорения масс $m_{136}(m_{13\Sigma})$,

$m_{p\Sigma}$, та m_{336} , $x_{o_{max}} \leq x_{or} \leq (x_{o_{max}} - Q_{\Sigma 3\Pi} \cdot t_4 \cdot f_0^{-1})$,

обратного —

при: $y_{23} \leq h_{mn} - h_p$, масса $m_{p\Sigma}$ неподвижная ($y_{13} = 0$),

$h_{mn} - h_p < y_{23} \leq h_{mn}$, $y_{13} \neq 0$, $\dot{y}_{13} \neq 0$ та $\ddot{y}_{13} \neq 0$,

$F_{y\partial} = m_{13\Sigma} \dot{y}_{23} / t'$; $t_2' < t' < t_3'$, при нахождении

$$F_{y\partial} t' \approx 0,5(t_2' + t_3') = t_{y\partial},$$

$y_{13} < h_p$, $F_y = 0$, а при $y_{13} = h_p$, $F_y \neq 0$,

$$\begin{cases} y_{33} \leq h_k - h_\partial, i_{02(01)} = i_{02} = f_2^2 \cdot f_0^{-2} \\ \text{и } x_{f_{2(1)}} = x_{f_2} = x_{or} \cdot i_{02}^{-0,5}, \end{cases} \quad (35)$$

$$\begin{cases} y_{33} > h_k - h_\partial, i_{02(01)} = i_{01} = f_1^2 \cdot f_0^{-2} \text{ и } x_{f_{2(1)}} = x_{f_1} = x_{or} \cdot i_{01}^{-0,5}, \\ (x_{o_{max}} - Q_{\Sigma 13} \cdot t_1' \cdot f_0^{-1}) \leq x_{or} \leq x_{ok}, \dot{y}_{13}, \dot{y}_{23}, \dot{y}_{33}, \end{cases}$$

\ddot{y}_{13} , \ddot{y}_{23} , \ddot{y}_{33} — соответственно, текущие скорости и ускорения масс $m_{p\Sigma}$, $m_{136}(m_{13\Sigma})$ та m_{336} .

По методике, изложенной в работе [9], дифференциальные уравнения систем (32) и (33) можно привести к виду, которые наглядно подчеркивают колебательное движение масс $m_{p\Sigma}$, $m_{136}(m_{13\Sigma})$ и m_{336} во время ходов звеньев устройства для виброточения:

прямого —

$$\begin{cases} \ddot{y}_{1\Pi} + 2\beta_1 \dot{y}_{1\Pi} + \omega_{\Sigma 1}^2 \cdot y_{1\Pi} - \omega_{\alpha_1}^2 \cdot y_{01} + (R + F_y) m_{p\Sigma}^{-1} = \\ = \omega_{0r}^2 i_{03}^{0,5} \cdot x_{or}, \\ \ddot{y}_{2\Pi} + 2\beta_2 \dot{y}_{2\Pi} + \omega_{\Sigma 2}^2 \cdot y_{2\Pi} - \omega_{\alpha_1}^2 \left[\frac{\delta_1 \cdot y_{02}}{(\gamma_1^{-1} + \gamma_2^{-1})} + \delta_2 \gamma_2 y_{03} \right] = \\ = \gamma \omega_{0r}^2 i_{43}^{0,5} \cdot i_{03}^{0,5} \cdot x_{or}, \text{ при } 0 \leq y_{2n} \leq h_{02}, \end{cases} \quad (36)$$

$$\begin{cases} \ddot{y}_{2\Pi} + 2\beta_3 \dot{y}_{2\Pi} + \omega_{\Sigma 3}^2 \cdot y_{2\Pi} - \omega_{\alpha_1}^2 \delta_1 \gamma_1 (h_{02} + y_{02}) = \\ = \gamma_1 \omega_{0r}^2 \cdot i_{53}^{0,5} \cdot i_{03}^{0,5} \cdot x_{or}, \text{ при } h_{02} \leq y_{2n} \leq h_{mn}, \\ \ddot{y}_{3\Pi} + 2\beta_4 \dot{y}_{3\Pi} + \omega_{\Sigma 4}^2 \cdot y_{3\Pi} - \omega_{\alpha_1}^2 \delta_2 \gamma_2 (h_{02} + y_{02}) = \\ = \gamma_2 \omega_{0r}^2 \cdot i_{13(23)}^{0,5} \cdot i_{03}^{0,5} \cdot x_{or}, \end{cases}$$

обратного —

$$\begin{cases} \ddot{y}_{13} + 2\beta_1 \dot{y}_{13} + \omega_{\Sigma 1}^2 \cdot y_{13} - \gamma^{-1} \cdot \dot{y}_{23} \cdot t_{y\partial}^{-1} + (R + F_y) m_{p\Sigma}^{-1} = \\ = \omega_{0r}^2 i_{03}^{0,5} \cdot (x_{or} + i_{03}^{0,5} \cdot h_p), \end{cases}$$

ДИНАМИЧЕСКАЯ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛИ ГИДРОИМПУЛЬСНОГО ВИБРОУДАРНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ РАДИАЛЬНОГО ВИБРОТОЧЕНИЯ С ВСТРОЕННЫМ ШАРОВЫМ ГЕНЕРАТОРОМ ИМПУЛЬСОВ ДАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ТИПА

$$\begin{aligned} & \ddot{y}_{23} + 2\beta'_2 \dot{y}_{23} + \omega_{\Sigma 3}^2 (y_{23} - h_{nm}) - \omega_{01}^2 \delta_1 \gamma_1 y_{02} = \\ & = -\gamma_1 \omega_{0r}^2 i_{53}^{0,5} \cdot i_{03}^{0,5} \cdot x_{or}, \text{ при } 0 \leq y_{23} \leq h_{nm} - h_p, \\ & \ddot{y}_{23} + 2\beta_2 \dot{y}_{23} + \omega_{\Sigma 2}^2 \cdot y_{23} - \omega_{01}^2 \times \\ & \times \left[\frac{\delta_1}{(\gamma_1^{-1} + \gamma_2^{-1})} \cdot (y_{02} + h_{nm} - h_p) + \delta_2 \gamma (h_k + y_{03}) \right] = \\ & = -\gamma \omega_{0r}^2 i_{43}^{0,5} \cdot i_{03}^{0,5} \cdot \left[x_{or} - i_{43}^{0,5} \cdot i_{03}^{0,5} (h_{nm} + h_p) \right], \\ & \text{при: } (h_{nm} - h_p) < y_{23} \leq h_{nm}, \\ & \ddot{y}_{33} + 2\beta'_4 \dot{y}_{33} + (\omega'_{\Sigma 4})^2 \cdot y_{33} + \omega_{01}^2 \delta_2 \gamma_2 (h_k + y_{03}) = \\ & = -\gamma_2 \omega_{0r}^2 i_{23(13)}^{0,5} i_{03}^{0,5} (x_{or} - i_{23(13)}^{0,5} i_{03}^{0,5} h_k), \\ & \text{где: } \beta_1 = 0,5 m_{p\Sigma}^{-1} [c_1 + c_0 i_{03}^{0,5} (\dot{x}_{f_3} \cdot \dot{y}_{1II}^{-1} - 1)], \\ & \beta_2 = 0,5 m_{13\Sigma}^{-1} [c_2 + c_0 i_{04}^{0,5} (\dot{x}_{f_4} \cdot \dot{y}_{2II}^{-1} - 1)], \\ & \beta_3 = 0,5 m_{136}^{-1} [c_2 + c_0 i_{05}^{0,5} (\dot{x}_{f_5} \cdot \dot{y}_{2II}^{-1} - 1)], \\ & \beta_4 = 0,5 m_{336}^{-1} [c_3 + c_0 i_{01(02)}^{0,5} (\dot{x}_{f_{1(2)}} \cdot \dot{y}_{3II}^{-1} - 1)], \\ & \beta'_1 = 0,5 m_{p\Sigma}^{-1} [c_1 + c_0 i_{03}^{0,5} (\dot{x}_{f_3} \cdot \dot{y}_{13}^{-1} - 1)], \\ & \beta'_2 = 0,5 m_{13\Sigma}^{-1} [c_2 + c_0 i_{04}^{0,5} (\dot{x}_{f_4} \cdot \dot{y}_{23}^{-1} - 1)], \\ & \beta'_3 = 0,5 m_{136}^{-1} [c_2 + c_0 i_{05}^{0,5} (\dot{x}_{f_5} \cdot \dot{y}_{23}^{-1} - 1)], \\ & \beta'_4 = 0,5 m_{336}^{-1} [c_3 + c_0 i_{02(01)}^{0,5} (\dot{x}_{f_{2(1)}} \cdot \dot{y}_{33}^{-1} - 1)] - \text{соот-} \\ & \text{ветственно, приведенные коэффициенты} \\ & \text{демпфирования (затухания) во время пря-} \\ & \text{мого и обратного ходов масс } m_{p\Sigma}, m_{136} (m_{13\Sigma}) \\ & \text{и } m_{336}, \omega_{\Sigma 1} = \sqrt{m_{p\Sigma}^{-1} (i_{03} k_0 + k_1)} = \sqrt{\omega_{0r}^2 i_{03} + \omega_{01}^2} - \\ & \text{собственная круговая частота колебаний} \\ & \text{системы гидравлическое звено (ГЗ) -} \\ & \text{РПТТ (ГЗ - РПТТ), } \omega_{0r} = \sqrt{k_0 / m_{p\Sigma}} - \text{соб-} \\ & \text{ственная частота колебаний ГЗ относительно} \\ & \text{массы } m_{p\Sigma}, \omega_{\Sigma 2} = \sqrt{m_{13\Sigma}^{-1} (i_{04} k_0 + k_2 + k_3)} = \\ & = \sqrt{\gamma \cdot \omega_{0r}^2 i_{03} i_{43}^{-1} + \omega_{01}^2 (\delta_1 \gamma^{-1} (\gamma_1^{-1} + \gamma_2^{-1}) + \delta_2)} = \\ & = \sqrt{\gamma \left[\omega_{0r}^2 i_{03} i_{43}^{-1} + \omega_{01}^2 (\delta_1 \gamma^{-1} \gamma_{12} + \delta_2) \right]} - \text{собствен-} \\ & \text{ная круговая частота колебаний системы ГЗ} \\ & \text{- ППП - ЗРЭ ГИД относительно массы } m_{13\Sigma} \\ & , \omega_{\Sigma 3} = \sqrt{m_{136}^{-1} (i_{04} k_0 + k_2)} = \\ & = \gamma_2^{0,5} (i_{03} \cdot i_{13(23)}^{-1} \omega_{0r}^2 + \omega_{01}^2 \cdot \delta_1)^{0,5} - \text{собственная} \\ & \text{круговая частота колебаний системы ГЗ -} \\ & \text{ППП относительно массы } m_{136}, \\ & \omega_{\Sigma 4} = \sqrt{m_{336}^{-1} (i_{01(02)} k_0 + k_3)} = \sqrt{\gamma_2 \cdot \omega_{0r}^2 i_{13(23)}^{-1} + \omega_{01}^2 \delta_2}, \end{aligned}$$

$\omega'_{\Sigma 4} = \sqrt{m_{336}^{-1} (i_{02(01)} k_0 + k_3)} = \sqrt{\gamma_2 \cdot \omega_{0r}^2 i_{03(13)}^{-1} + \omega_{01}^2 \delta_2}$ — соответственно, собственная частота колебаний системы ГЗ — ЗРЭ ГИД относительно массы m_{336} во время ее прямого и обратного ходов, $\delta_1 = k_2 / k_1$, $\delta_2 = k_3 / k_1$, $\gamma = m_{p\Sigma} / m_{13\Sigma}$, $\gamma_1 = m_{p\Sigma} / m_{136}$, $\gamma_2 = m_{p\Sigma} / m_{336}$, $\gamma_{12} = \gamma_1 \cdot \gamma_2 / (\gamma_1 + \gamma_2) = m_{p\Sigma} / (m_{136} + m_{336})$, $i_{43} = f_3^2 \cdot f_4^{-2}$, $i_{53} = f_3^2 \cdot (f_4 - f_2 + f_1)^{-2}$, $i_{13} = f_3^2 \cdot f_1^{-2}$, $i_{23} = f_3^2 \cdot f_2^{-2}$ — внутренние передаточные отношения между системами гидроимпульсного устройства для радиального виброточения.

В работе [9] доказано, что переменная часть коэффициентов демпфирования β_k и β'_k (здесь $k = 1, \dots, 4$) существенно меньше их постоянной части, что позволяет принять эти коэффициенты постоянными и рассчитывать по простым зависимостям [9]:

$$\begin{cases} \beta_1 = \beta'_1 = 0,5 m_{p\Sigma}^{-1} \cdot c_1, & \beta_2 = \beta'_2 = 0,5 m_{13\Sigma}^{-1} \cdot c_2, \\ \beta_3 = \beta'_3 = 0,5 m_{136}^{-1} \cdot c_2 = \gamma_3 \cdot \beta_2, \\ \beta_4 = \beta'_4 = 0,5 m_{336}^{-1} \cdot c_3, \end{cases} \quad (38)$$

где: $\gamma_3 = m_{36} \cdot m_{13\Sigma}^{-1}$.

Сила резания и ее составляющие, в частности F_y , и сила сухого трения R в процессе работы устройства для виброточения могут, в принципе, изменяться по определенным законам, характер которых зависит от большого количества факторов, некоторые из которых меняются случайным образом. Попытки учесть в математических моделях (36) и (37) изменчивость сил F_y и R значительно усложнило бы анализ этих моделей.

Очевидно целесообразно в названных моделях оперировать усредненными значениями этих сил, считая их постоянными, которые в комплексе с другими свободными членами систем дифференциальных уравнений (36) и (37) являются постоянными составляющими ускорений масс $m_{p\Sigma}$, $m_{136} (m_{13\Sigma})$ и m_{336} во время их прямого и обратного ходов.

Введением в уравнение систем (36) и (37) новых переменных:

$z_{1II} = y_{1II} - \omega_{o_1}^2 \cdot y_{o_1} / \omega_{\Sigma 1}^2 + (R + F_y) m_{p\Sigma}^{-1} / \omega_{\Sigma 1}^2$,
 $z_{2II} = y_{2II} + \omega_{o_1}^2 (\delta_1 y_{o_2} \gamma_{12} + \delta_2 y_{o_3} \gamma_2) / \omega_{\Sigma 2}^2$
 при $0 \leq y_{2n} \leq h_{o_2}$,
 $z_{2II} = y_{2II} + \omega_{o_1}^2 \delta_1 \gamma_1 (h_{o_2} + y_{o_2}) / \omega_{\Sigma 3}^2$,
 при $h_{o_2} < y_{2n} \leq h_{nmn}$,
 $z_{3II} = y_{3II} + \omega_{o_1}^2 \delta_2 \gamma_2 (h_{o_2} + y_{o_2}) / \omega_{\Sigma 4}^2$,
 $z_{13} = y_{13} - \omega_{o_r}^2 i_{o_3} h_p / \omega_{\Sigma 1}^2 + (R + F_y) m_{p\Sigma}^{-1} / \omega_{\Sigma 1}^2$,
 $z_{23} = y_{23} - h_{nmn} - \omega_{o_1}^2 \delta_1 \gamma_1 y_{o_2} / \omega_{\Sigma 3}^2$ при $0 \leq y_{23} \leq h_{nmn} - h_p$,
 $z_{23} = y_{23} - \omega_{o_1}^2 [\delta_1 \gamma_{12} (y_{o_2} + h_{nmn} - h_p) + \delta_2 \gamma (h_k + y_{o_3})] / \omega_{\Sigma 2}^2 -$
 $-\omega_{o_r}^2 \gamma i_{43}^{-1} i_{o_3} (h_{nmn} + h_p) / \omega_{\Sigma 2}^2$, — при $h_{nmn} - h_p < y_{23} \leq h_{nmn}$,
 $z_{33} = y_{33} + \omega_{o_1}^2 \delta_2 \gamma_2 (h_k + y_{o_3}) / (\omega_{\Sigma 4}')^2 - \omega_{o_r}^2 \gamma i_{23}^{-1} i_{o_3} h_k / (\omega_{\Sigma 2}')^2$,
 которые не изменяют характер движения $m_{p\Sigma}$, $m_{136} (m_{13\Sigma})$ и m_{336} , поскольку $\dot{y}_{kn} = \dot{z}_{kn}$, $\ddot{y}_{kn} = \ddot{z}_{kn}$, $\dot{y}_{k3} = \dot{z}_{k3}$, $\ddot{y}_{k3} = \ddot{z}_{k3}$ (здесь $k=1\dots 3$) по методике, изложенной в работе [9], уравнения этих систем приводятся к нелинейным дифференциальным уравнениям, описывающим вынужденные колебания при наличии вязкого трения и нелинейной возбуждающей силы, близкой по характеру к импульсному возмущению. В новых переменных системы уравнений (36) и (37) будут иметь вид для ходов масс $m_{p\Sigma}$, $m_{136} (m_{13\Sigma})$ и m_{336} :

прямого —

$$\left\{ \begin{array}{l} \ddot{z}_{1II} + 2\beta_1 \dot{z}_{1II} + \omega_{\Sigma 1}^2 z_{1II} = \omega_{o_r}^2 \cdot i_{o_3}^{0,5} \cdot x_{or}, \\ \ddot{z}_{2II} + 2\beta_2 \dot{z}_{2II} + \omega_{\Sigma 2}^2 z_{2II} = \gamma \cdot \omega_{o_r}^2 \cdot i_{43}^{0,5} \cdot i_{o_3}^{0,5} \cdot x_{or}, \\ \text{при } 0 \leq y_{2n} \leq h_{o_2}, \\ \ddot{z}_{2II} + 2\beta_2 \gamma_3 \dot{z}_{2II} + \omega_{\Sigma 3}^2 z_{2II} = \gamma_1 \cdot \omega_{o_r}^2 \cdot i_{53}^{0,5} \cdot i_{o_3}^{0,5} \cdot x_{or}, \\ \text{при } h_{o_2} < y_{2n} \leq h_{nmn}, \\ \ddot{z}_{3II} + 2\beta_4 \dot{z}_{3II} + \omega_{\Sigma 4}^2 z_{3II} = \gamma_2 \cdot \omega_{o_r}^2 \cdot i_{13(23)}^{0,5} \cdot i_{o_3}^{0,5} \cdot x_{or}, \end{array} \right. \quad (39)$$

обратного —

$$\left\{ \begin{array}{l} \ddot{z}_{13} + 2\beta_1 \dot{z}_{13} - \gamma^{-1} \cdot \dot{z}_{23} t_{y\delta}^{-1} + \omega_{\Sigma 1}^2 z_{13} = \omega_{o_r}^2 \cdot i_{o_3}^{0,5} \cdot x_{or} \\ \ddot{z}_{23} + 2\beta_2 \gamma_3 \dot{z}_{23} + \omega_{\Sigma 3}^2 z_{23} = -\gamma_1 \cdot \omega_{o_r}^2 \cdot i_{53}^{-0,5} \cdot i_{o_3}^{0,5} \cdot x_{or} \\ \text{при } 0 \leq y_{23} \leq h_{nmn} - h_p, \\ \ddot{z}_{23} + 2\beta_2 \dot{z}_{23} + \omega_{\Sigma 2}^2 z_{23} = -\gamma \cdot \omega_{o_r}^2 \cdot i_{43}^{-0,5} \cdot i_{o_3}^{0,5} \cdot x_{or} \\ \text{при } (h_{nmn} - h_p) < y_{23} \leq h_{nmn}, \\ \ddot{z}_{33} + 2\beta_4 \dot{z}_{33} + (\omega_{\Sigma 4}')^2 z_{33} = -\gamma_2 \cdot \omega_{o_r}^2 \cdot i_{23(13)}^{-0,5} \cdot i_{o_3}^{0,5} \cdot x_{or}. \end{array} \right. \quad (40)$$

Система (39) и (40) вместе с уравнениями расхода энергоносителя и условиями однозначности, наведенных (30), (31), (34) и

(35), являются математическими моделями прямого и обратного ходов подвижных звеньев гидроимпульсного виброударного устройства для радиального виброточения со встроенным шариковым генератором импульсов давления параметрического типа (см. рисунок 1).

Исследование этих моделей целесообразно проводить [9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20] методами численного интегрирования дифференциальных уравнений или с помощью компьютерных программ, например созданных на основе пакета MATLAB или аналогичных других.

ВЫВОДЫ

Всесторонний анализ и исследования предложенных моделей гидроимпульсного виброударного устройства для радиального виброточения со встроенным шариковым генератором импульсов давления параметрического типа с последующей экспериментальной проверкой степени адекватности этих моделей реальной системе устройства, позволят создать научно-обоснованную методику проектного расчета подобных конструкций устройств с гидроимпульсным приводом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Matveev I. B. 1974. Hidroprivod mashin udarnoho deystvija . M.: Mashinostroenie, — 184.
2. Iskovich-Lototskiy R.D. 2006. Protsesu ta mashunu vibratsiynuh ta vibroudarnuh tehnologiy / UNIVERSYM — Vynytsia, 191. (Monografia). — ISBN 966-641-162-8.
3. Iskovich-Lototskiy R.D. 2000. Doslidzennia dynamicu hidroimpulsnoho pruvoda vibratsiynoi rozkochyvalnoi mashunu // Progresivnue tehnologie i sistemu mashunostroenia. Mezd. sb. nauch. tr. №12 — Donetsk: DonGTU. 42 — 52.
4. Obertuh R.R. 1996. Dunamica hidroimpulsnoho pruvoda vibromashun slozhno-prostranstvennogo nagryzhenia // Vibratsia v tehnikе i tehnolohiah.—№1 (3).23–26.
5. Pat. 72257 U, Ukraina, B23B1/00, Hidroimpulsnuy vibroudarnuy prustriy dlia radialnogo ta osiovogo vibrotocinnia zi vbydovanum generatorom impyulsiv tusky

- clapanogo tupy / Obertuh R.R., Slabkiy A.V., Arkhipchuk M.R. (Ukraina). — № u2012 01534; Zaiavka. 13.02.2012; — Opybl. 10.08.2012, Byl. №15, 2012r.
6. Obertuh R.R. 2011. Dunamichna ta matematichna modeli hidroimpulsnoho prustroy dlia vibrotochinnia z vbydovanum generatorom impulsiv tusky // Visnuk SevVNTU. — Sevastopol. — №117. 118–127.
7. Obertuh R.R. 2011. Osnovni tendentsii stvorennia ta rozvutky sposobiv i prustroyiv dlia podribnennia stryzhku // Zbirnik naykovuh prats «PROTSESU MEHANICHNOI OBROBKU V MASHUNOBYDYVANNI», — Zhutomur: ZHDTY, — Vup. 11, 251–267.
8. Bocharov Y.A. 1980. Osnovu obschey teorii hidravlicheskih kyzhnechno-shtampovochnuh mashun // Mashunu i tehnologia obrobotki metalov davleniem: Sb. nauch. trudov MVTU №330. — M., 12–40.
9. Iskovich-Lototskiy R.D. Generatoru impulsiv tusky dlia keryvannia hidroimpulsnumu pruvodamu vibratsiyuh ta vibroydarnuh tehnologichnuh mashun / R. D. Iskovich-Lototskiy, R.R. Obertuh, M.R. Arkhipchuk. — UNIVERSYM — Vynytsia, — 171 s. (Monografia). — ISBN 978-966-641-252-5.
10. Arendarenko P., Lebedev A. 2008. Matematichescaya model stenda dlia ispitania nasosov // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 13, 200 – 210.
11. Homyak Yu., Gutyrya S., Koleuschen-ko A, Zajac G., 2004: A Shell Model of the Hollow Shaft for an Analysis of the Stressed State in Fitted Zone // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 6, 101 – 107.
12. Obertuh R. R. Iskovich-Lototskiy, Y. Bulyha 1998. Machine with hydroimpulse drive for vibroabrasive cleaning of large manufactured articles // TSTM–4 Optimum technologies. Romanian Academy. Branch office of Iasi and University of Bacau, – 134–138.
13. Do putannia inzhenerenogo rozrahynky generatoriv impulsiv tusky v riduni / R.R. Obertuh, R.D. Iskovich-Lototskiy, Y.V. Bulyha, D.M. Klumchyk // Vibratsia v tehnike i tehnolohiah. — 1998.– №1 (5). —37–41.
14. Dynamics of transient processes in hydroimpulsive drives / R. Iskovich-Lototskiy, R. Obertuh, Y. Bulyha, M. Arkhipchuk // Buletinul Institutului Politehnic din Iasi. Tomul XLVI (L) Fasc. 3–4. 2000. Stiinta si Ingineria Materialelor.– 15–20.
15. Iskovich-Lototskiy R.D. 2005. Eksperimentalni doslidzhennia rezhumiv robotu vibromashunu iz clapannum generatorom impulsiv tusky// Promuslova gidravlica i pnevmatika. — №1(7). 83 – 88.
16. Structure end organization of the automated systems of designing works “hydraulic impulse drive / R. Iskovich-Lototskiy, R. Obertuh, Y. Bulyha, M. Arkhipchuk // Buletinul Institutului Politehnic din Iasi. Tomul XLVIII (LII) Fasc. 3–4. 2002. Stiinta si Ingineria Materialelor. 187–191.
17. Pat. 63958 U, Ukraina, B23B1/00, Hidroimpulsnyy vibroudarnyy prustriy dlia radialnogo ta osiovogo vibrotochinnia zi vbydovanum generatorom impulsiv tusky / Obertuh R.R., Slabkiy A.V. (Ukraina). — № u2011 03794; Zaiavka. 29.03.2011; — Opybl. 25.10.2011, Byl. №20, 2011r.
18. Pat. 76517 U, Ukraina, B23B1/00, Hidroimpulsnyy vibroudarnyy prustriy dlia radialnogo ta osiovogo vibrotochinnia z vbydovanum generatorom impulsiv tusky clapanoogo tupy / Obertuh R.R., Slabkiy A.V., Arkhipchuk M.R. (Ukraina). — № u2012 06573; Zaiavka. 30.05.2012; — Opybl. 10.01.2013, Byl. №1, 2013r.
19. Hidroimpulsni pruvodu tehnologichnuh vibromashun iz zahustom gidronasosa vid pylsyychogo tusky / R. R. Obertuh, R. D. Iskovich-Lototskiy, M. R. Arkhipchuk, M. A. Movchahyk // Promuslova gidravlica i pnevmatika. — 2007. — №1(15). 52 – 57.
20. Iskovich-Lototskiy R.D. 2005. Dunamichna ta matematichna modeli shvudkodychogo generatora impulsiv tusky vibropresa// Vibratsia v tehnike i tehnolohiah. — №3 (41). 41–49.

DYNAMIC AND MATHEMATIC MODELS OF HYDROIMPULSIVE VIBROSHOCK DEVICE FOR RADIAL VIBROTURNING WITH BUILT-IN BALL-SHAPED GENERATOR OF PULSES OF PRESSURE OF SELFREACTANCE TYPE

Summary. Considered structural design chart of hydropulse device for radial vibroturning with integrated pulse generator pressure (GIT)

based on the block diagram and sequence diagram workflow device developed his dynamic and mathematical models in which hydraulic link provided visco-elastic fluid model (energy),

composed of the instantaneous elastic and dissipative elements (body Kelvin-Vogt).

Key words: modeling, dynamic, model, generator of pulses pressure, hydropulse device vibroturning .

РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЧЕСКИ-БЕЗОПАСНЫХ КОНТАКТ-ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Иван Радько

*Национальный Университет биоресурсов и природопользования Украины
г. Киев, ул. Героев Обороны 15*

Ivan Rad'ko

National university of life and environmental sciences of Ukraine

Аннотация. В состав серийных контактов типа КМК-А10, выпускающей в настоящее время промышленность Украины, входит токсичный оксид кадмия. Пары оксида кадмия (CdO), возникающих при горении дуги, вредно влияют на организм человека.

На 25 сессии ООН в 2009 году была принята Программа ООН по окружающей среде. Этой программой поручено всем странам постепенное изъятие токсичных добавок из состава контактных материалов.

В данной работе представлены результаты исследований создания нового коммутационного экологически безопасного контактного материалом на основе серебра и добавки оксида олова.

Ключевые слова: контакт-детали, коммутационные аппараты, плазма, электрическая дуга, энергия, электрическая эрозия.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В электроустановках, используются в технологических процессах сельского хозяйства, широкое применение получили аппараты управления и защиты [11]. Основными материалами для контакт-деталей этих аппаратов управления и защиты на сегодняшний день является материал на основе серебра, типа КМК-А10 (85% Ag +15% CdO) [2, 6, 7]. В состав компонентов этого контактного материала входит оксид кадмия, который при горении дуги испаряется и попадает в окружающую среду.

Согласно ГОСТ 12.1. 005-88 относится к первому классу чрезвычайно опасных веществ и вредно влияет на живые организмы [5].

Поэтому обеспечение экологически безопасной эксплуатации коммутационных аппаратов в сельскохозяйственной и перерабатывающей отраслях является важной проблемой исследований [5; 8,12].

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Во все времена исследователи всего мира мечтали получить недорогой состав композиционных электрических контактов с сохранением тех свойств имеющих благородные металлы. В настоящее время для коммутационных аппаратов, одним из основных направлений исследований по изучению эрозионных процессов, происходящих на поверхности контактов, является изучение теплового режима и установления зависимости расплавленной зоны от тока и состава композиции контактного материала [3, 6, 9; 10].

Высокая эрозионная стойкость контактов с композицией серебро - оксид кадмия достигается положительными свойствами оксида кадмия. Композиция обладает уникальной способностью к дугогашению, стабильностью контактного сопротивления, стойкостью к эрозии и сварки [3]. Вместе с тем оксид кадмия при температуре 900 °С сублимирует и попадает в окружающую среду [5].

Металлоперерабатывающий завод INMET Института цветных металлов (Польша) начал изготавливать контактный материал серебро - оксид олова, где токсичный оксид кадмия изъято [8], но рабочая поверхность такого материала подвергается значительному окислению, приводит к перегреву, а это снижает надежность и срок службы аппаратов.

Композиции медь-хром [17] и вольфрам-медь-сурьма [7] показали неудовлетворительные результаты на коммутационную устойчивость [11].

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Целью повышения экологической безопасности коммутационных аппаратов в электроустановках, применяемых на предприятиях переработки сельскохозяйственной продукции, является полное извлечение из

материала силовых контактов коммутационных аппаратов токсического оксида кадмия.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

В настоящее время в электроустановках, что используются в технологических процессах сельского хозяйства, широкое применение получили аппараты управления и защиты - автоматические выключатели, контакторы, электромагнитные пускатели, электромагнитные реле и т.д. [11].

Основным материалом для контакт-деталей вышеперечисленных аппаратов является материал на основе серебра, типа КМК-А10 (85% Ag + 15% CdO) [2, 6, 7].

Оксид Кадмия (CdO) согласно ГОСТ 12.1.005-88, относится к первому классу чрезвычайно опасных веществ. Он влияет вредно на организм человека - бронхо-легочной системы, на кожу и подкожную клетчатку, на нервную систему, на обмен веществ, на кровеносную систему [5].

Задачей повышения экологической безопасности коммутационных аппаратов в электроустановках, применяемых в животноводстве, птицеводстве и предприятиях переработки сельскохозяйственной продукции является полное изъятие из материала силовых контактов коммутационных аппаратов токсического оксида кадмия.

Практически невозможно создать универсальный контактный материал, который бы отвечал всем существующим требованиям, а поэтому в зависимости от функционального назначения контактного узла приходится принимать компромиссное решение. Для надежной работы коммутационных аппаратов с экологически безопасными контактами они должны противодействовать воздействию электрической дуги, химически и биологически агрессивной атмосфере животноводческих и птицеводческих помещений и механическим нагрузкам [1].

Целом материалы контактов должны удовлетворять такие требования [1.2.3]

- стабильность переходного сопротивления;
- высокая удельная электропроводность;
- высокая эрозионная стойкость;
- высокая коррозионная стойкость;
- высокие дугостойкость и противодействие свариваемых;

- сочетание механической прочности и высокой пластичности;
- экологическая безопасность окружающей среды.

Контакты автоматических выключателей, работающих в диапазоне значительных токов (включения - выключения токов короткого замыкания), должны обеспечивать стабильность переходного сопротивления при воздействии агрессивных реагентов атмосферных животноводческих и птицеводческих помещений в сочетании с высокими дугостойкостью и устойчивостью к сварке иметь высокую Электроэрозионную устойчивость.

Материалы для контакт-деталей коммутационных аппаратов выбираются на основе сформулированных выше требований и анализа характеристик компонентов композиционных контактных материалов на основе серебра [7,18,19].

Контактный материал на основе серебро-оксид олова (Ag-SnO₂) согласно литературным данным [1, 8] является одним из перспективных материалов для замены контактов с наличием в них оксида кадмия (CdO), токсичность которого побуждает к поиску заменителя.

Серебро-оксид олова обладает высокой эрозионной стойкостью и высоким сопротивлением называемому рения

Основной недостаток этого материала - образованием на рабочей поверхности контакта слоя термостабильного оксида олова с высоким удельным электросопротивлением, что приводит к перегреву контактов при длительном протекании через рабочие поверхности [11].

Этот недостаток можно устранить введением небольших добавок оксида вольфрама (WO₃) или карбида вольфрама (WC) в количестве 0,5 масс%.

Как показали испытания после 5·10⁴ циклов коммутаций в режиме АС-4 перегрев контактов из материала Ag-12 SnO₂ составлял 300 °С, а контактов КМК А10м - 180 °С.

Температура перегрева контактов с нового материала [12, 16] Ag-12% SnO₂-4% In₂O₃-2% Zr-0,5% WO₃ составляла 180 °С.

Микроструктурный анализ исследовательского материала на основе серебра с оксидными добавками позволил выявить общую картину распределения оксидных добавок в серебряной матрице [Рис. 1]

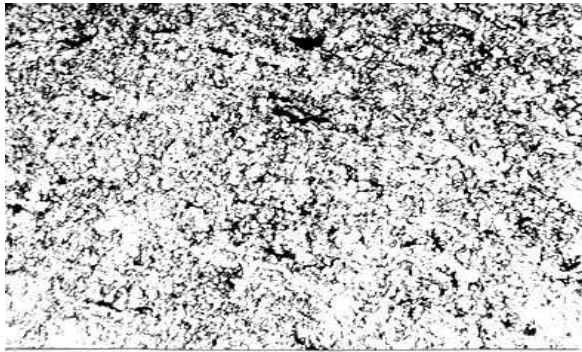


Рис. 1. Микроструктура исследовательского безопасного контактного материала X 150
Fig.1. Microstructure Research environmentally safe of contact materials

Кроме этого поведение композиционного материала при электрической эрозии зависит от размеров частиц оксидов, их объемного количества и прочности поверхности раздела.

Данный материал формирует слои наработки при воздействии электрической дуги и установления основных структурных особенностей наработки, влияющие на эрозионную устойчивость электрических контактов [17].



Рис. 2. Слой наработки рабочей поверхности контакт-детали X 400
Fig. 2. Layer achievements of the working surface of contact part X400

Слой наработки из тонкодисперсных структурой ограничено связан с основным материалом контакта. Он отличается от основного материала фазовыми и химическими составами, структурой и свойствами, в зна-

чительной степени определяют характер эрозии и эрозионной стойкостью контактов.

Слои наработки возникают как результат реакции материала контакта на воздействие электродугового разряда и вибраций при коммутации. Как показали исследования, отдельные типы слоев наработки способны выполнять защитные функции, повышать эрозионную устойчивость контактов.

Основные технологические приемы, используемые при изготовлении контактов, можно условно разделить на две группы:

- Простое смешивание порошков серебра и оксидов олова, вольфрама и индия с последующим прессованием, спеканием, экструзией и т.п.;

- Внутреннее окисление (ПО) сплавов из серебра, олова, индия, вольфрама или порошков этих сплавов.

Технология внутреннего окисления дает возможность получить равномерное и мелкодисперсное распределение окиси в серебряной матрицы, благоприятно сказывается на эрозионной устойчивости контактов, применяется в коммутационных аппаратах малой и средней мощности.

Внутреннее окисление контактных материалов имеет ряд ограничений. Если оно производится после предоставления контакта законченную форму, и оксиды имеют тенденцию огрубляться и контакты имеют разный состав и размер оксидов по высоте. Эти трудности устраняются, если состав предварительно измельчить, а затем подвергнуть внутреннему окислению с последующим прессованием методами порошковой металлургии.

Целью исследования является отработка технологии получения порошков сплавов Ag-Sn-In-W и их внутреннего окисления объясняется влияние количества Zn, W на структуру и свойства контактов на основе Ag-SnO₂.

Исходными материалами для исследования контактного материала служили порошки Ag, SnO₂, In₂O₃, WO₃, Zr, которые смешивались в заданной пропорции в сухую.

По окончании смешивания добавляли 3% раствор поливинилового спирта в воде с расчета: 8-10 мл на 100 г смеси.

Смесь серебра с оксидами подвергалась восстановлению в атмосфере водорода. Тем-

пературы восстановления колебалась в интервале 600-700 °С, время выдержки 1-2,5 часа.

Смесь, остыла, протиралась через сито № 01. Полученные порошки сплавов Ag-Sn-In-W подвергались внутреннему окислению. Порошок с различными составляющими распределялся тонким слоем 1-1,5 мм в лодочки из нержавеющей стали и загружался в трубчатую печь, через которую пропускали кислород. Температура окисления составляла 700-750 °С, время выдержки 1-2 часа. К окисленных порошков добавляется порошок циркония и контакты прессовались под давлением 2-2,5 МПа.

После прессования контакты спекались в воздушной среде при 900 °С в течение 1 часа, допрессовывались при 6 МПа, по-вторно спекались при 800 °С в течение 1 час., калибровались при давлении 9 МПа и обжигались при 500 °С в течение 1 часа [13,14,15,16].

ВЫВОДЫ

Материалы контактов типа КМК А10М (ГОСТ 3884-77), которые серийно производятся и применяются в коммутационных аппаратах напряжением до 1000 В, является экологически опасные, имеют в своем составе токсичный ингредиент - оксид кадмия (CdO).

В результате исследований разработан новый композиционный контактный материал: Ag-12% SnO₂-4% In₂O₃-2% Zr-0,5% WO₃ с повышенной экологической безопасностью, за счет исключения из материала контакта токсичность оксида кадмия (CdO). На новый контактный материал получен патент Украины.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Usov V.V. 1963. Metallovedenie elektricheskikh kontaktov - Moskva: Gosenergoizdat, - 208.
2. Afonin M.P. 2004. Sloi narabotki pri ekspluatatsii kontaktov iz kompozitsii srebro - oksid kadmija // Trudy instituta problem materialovedenija im. I.N. Frantsevicha NAN Ukraina. -119-125.
3. Egorov E.G. 2000. Ispytanie i isledovanie nizkovoltnyh kommutatsionnyh elektricheskikh apparatov - Cheboksary: Chuvashskij universitet, - 448.
4. Butkevich G.V. 1978. Elektricheskaja erozija

silnotochnykh kontaktov i elektrodov - Moskva: Energija, - 239.

5. Programma Organizatsii Obedinennyh Natsij po okruzhajuschej srede: 25 sessija 16 fevralja 2009 g. - Najrobi.
6. Rahovckij V.I. 1966. Razryvnyie kontakty elektricheskikh apparatov - Leningrad: Energija, - 289.
7. Ovchinnikova M.N. 2005. Klassifikatsija materialov dlja elektricheskikh kontaktov nizkovoltnoj apparatury i oblasti ih primenenija v elektronike // Trudy instituta problem materialovedenija im. I.F. Frantsevicha NAN Ukrainy. - 153-160.
8. <http://www.inmet/gliwice.pl> 2005/.
9. Bron O.B. 1970. Potoki plazmy v elektricheskoi duge vykljuchajuschih apparatov / Leningrad: Energija, - 211.
10. Harin C.N. 1977. Matematicheskie modeli teplovyh protsessov v elektricheskikh kontaktah / Alma-Ata: Nauka, - 236.
11. Kohanickij C.P. , 1990. Tehnichne obslugovuvannja ta remont sylovogo elektroobladnannja - K: Urozhaj - 112.
12. Kontakty z pidvyschenuju ekologichnoju bezpechnistju v nyzkovoltnykh komutatsijnyh aparatah / Radko I.P., SCherbak T.V., Vlacenko JU.P., Kohanivskij V.O. // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 13D. 301-304.
13. Patent 19931 Ukrajina. Spechenyj material dlja elektrychnykh kontakt detalej / Radko I.P. zamovnyk ta patentotrymach Natsionalnyj universytet bioresursiv i pryrodokorystuvannja Ukrainy. - opubl. 2006, Bjul. №11.
14. Patent 21466 Ukrajina. Metalokeramichnyj bimetalovyj elektrichnyj kontakt / Radko I.P. Zamovnyk ta patentotrymach NUBiP Ukrainy. - opubl. 15.03.2007, Bjul. №3.
15. Patent 49214 Ukrajina. Kontaktna duga dlja avtomatychnykh vymykachiv / Radko I.P. Zamovnyk ta patentotrymach NUBiP Ukraini. - opubl. 26.04.2010, Bjul. №8.
16. Patent 93778 Ukraini. Material dlja elektrichnykh kontaktiv komutatsijnyh apparatov / Radko I.P. Zamovnik ta patentotrimach NUBiP Ukraini. - opubl. 10.03.2011, Bjul. №5
17. Postolnik V.N. 1988. Issledovanie metalloke-ramicheskikh kontaktov na osnove serebra i volframa v avtomaticheskikh vykljuchateljah // Zbirnyk naukovykh prats Nizkovoltnyje apparaty zaschity i upravlenija. - Kharkov. - 89-96.

18. Popov A., Butakov B., Marchenko D. 1988. Opredelenie naprjajenno-deformirovannogo soctojanija tel pri ih kontaktnom vzaimode'ctvii, kontaktnaja zadacha. // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol.2011.
19. Butakov B. Razrabotka tehnologi' obemno-go i poverhnochnogo uprochnenija metallov i cplavov // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 2011.

DEVELOPMENT OF ENVIRONMENTALLY SAFEST CONTACT OF PARTS FOR ELECTRICAL DEVICES

Summary. To the serial contacts such as KVM-A10, that the industry of Ukraine, pro-

duces currently includes toxic cadmium oxide.

Evaporation of cadmium oxide which arise during arc burning, have a harmful effects to humans.

On the 25th sessions the UN in 2009 has adopted a program of Nations of environment. This application envisages the gradual removal of toxic additives from the composition of contact materials for all countries.

This paper presents the results of research to create a new switching environmentally safe contact materials based on silver and tin oxide supplements.

Key words: contact details, switching devices, plasma electric arc, energy, electrical erosion

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЕМОНТОПРИГОДНОСТИ АГРЕГАТОВ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ТРАНСМИССИЙ МОБИЛЬНЫХ МАШИН В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Татьяна Черных

Днепропетровский государственный аграрный университет

г. Днепропетровск, ул. Ворошилова 25

Tatyana Chernikh

Dnipropetrovsk State Agrarian University

Аннотация. Проведены исследования показателей ремонтпригодности агрегатов гидравлических трансмиссий для условий эксплуатации и, на основе их анализа, разработаны меры по их улучшению для поддержания работоспособного состояния агрегатов, поиска неисправностей и восстановления работоспособности. Также, при расчете коэффициентов, которые относятся к показателям ремонтпригодности, обоснованы и предложены возможные пути уменьшения затрат при проведении ремонтно-обслуживающих воздействий.

Ключевые слова: гидравлические трансмиссии, надежность, показатели ремонтпригодности, техническое обслуживание, диагностирование, ремонт.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

На сегодняшний день значительное количество мобильных сельскохозяйственных машин, к которым относятся кормо- и зерноуборочные комбайны, а так же трактора отечественного и импортного производства, оборудовано объемными гидравлическими трансмиссиями (ГТ), среди которых широкое применение нашли объемные гидравлические трансмиссии ГСТ – 90 и ГСТ – 112. Их реализация обеспечивает бесступенчатое регулирование скорости движения и легкость управления машиной, улучшает условия труда механизатора и др. [1,2,3,4]. Основными агрегатами данных гидравлических трансмиссий являются две аксиально-плунжерные гидромашины (насос и мотор), которые включают в себя значительное количество деталей, изготовленных по высоким классам точности и чистоты поверхности, что с технологической точки зрения обуславливает их высокую надежность [5]. Вместе с тем, в условиях эксплуатации возникают отказы в гидравлических трансмиссиях, на долю ко-

торых приходится около 30 %. [6,7]. Потеря работоспособного состояния трансмиссии приводит к значительным материальным затратам, которые связаны с простоем машины, поиском неисправности, ремонтом трансмиссии и др.. Уменьшение данных затрат обеспечивается поддержанием работоспособного состояния агрегатов трансмиссии, своевременным проведением номерных технических обслуживаний, оптимальной продолжительностью поиска неисправности и ее достоверности при диагностировании, приспособленностью агрегатов к восстановлению. Явно, что указанные воздействия характеризуют ремонтпригодность агрегатов гидравлических трансмиссий, как одно из свойств надежности. Необходимо отметить, что ремонтпригодность закладывается и формируется при проектировании и изготовлении машин и, в то же время, ее характеристиками являются переменные величины, которыми можно управлять в процессе эксплуатации в определенных пределах. Для того, чтобы эффективно распределять затраты труда, материальные и денежные средства во время эксплуатации трансмиссии и сократить время простоев, связанных с их обслуживанием и ремонтом, необходимо знать показатели, которые характеризуют ее ремонтпригодность. Таким образом, вопросы определения показателей ремонтпригодности агрегатов гидравлических трансмиссий и формирование на их основе мер для их улучшения, являются актуальными и требуют детального рассмотрения.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Очевидно, что от технического состояния гидравлической трансмиссии зависит надежность и ряд основных эксплуатационных показателей мобильной машины в целом.

Поддержание работоспособного состояния агрегатов гидравлических трансмиссий в условиях эксплуатации обеспечивается проведением номерных технических обслуживаний. В работе [8] авторы рассматривают виды технических обслуживаний и состав операций, которые проводятся для гидравлических трансмиссий. При этом практически не рассматривают анализ их качества, который непосредственно вытекает из показателей ремонтпригодности. Кроме того, в операциях технического обслуживания недостаточное внимание уделяется техническому диагностированию трансмиссий. В основном оно проводится для диагностирования клапанно-распределительных составляющих трансмиссии. Более широкий вопрос технического обслуживания комбайна рассмотрен в работе [9]. Автор предусматривает обеспечение надежности зерноуборочных комбайнов за счет усовершенствования систем их технического обслуживания (ТО). Но при этом не рассматриваются вопросы оптимизации проведения технического обслуживания для гидравлических трансмиссий.

Предупредить отказы, которые возникают в условиях эксплуатации, можно за счет своевременного определения технического состояния гидромашин при помощи внедрения прогрессивных методов, которые обеспечиваются техническими средствами и проводятся с периодичностью технического обслуживания ТО – 2 для комбайна и при заявочном диагностировании.

В некоторой мере вопросы диагностирования гидравлической трансмиссии рассмотрены в работах [10,11,12]. В них авторы рекомендуют применять функциональную диагностику для определения технического состояния гидравлической трансмиссии в целом и ее составляющих, которые характеризуются значительной трудоемкостью работ и разгерметизацией гидравлической системы при подключении устройств диагностирования, которые являются недостаточно эффективными. Кроме того, предложенная система диагностирования применяется только для выявления причины отказа и практически не рассматривает вопрос прогнозирования остаточного ресурса составляющих трансмиссии.

Вопросы прогнозирования ресурса в некоторой степени рассмотрены в трудах И.

Атаманюка [13]. Автор рекомендует использовать более точные методы расчетов, которые базируются на количественных оценках будущего технического состояния объекта. Такой методологический подход требует достоверной оценки функциональной зависимости между наработкой и динамикой структурного параметра, что является достаточно сложной задачей.

Известно, что эффективности диагностирования, с точки зрения поиска неисправности и определения остаточного ресурса, можно достигнуть анализируя показатели ремонтпригодности, которые характеризуются трудоемкостью работ при диагностировании, техническим оснащением, квалификацией кадров и др. [14].

Восстановление работоспособного состояния агрегата гидравлической трансмиссии обеспечивается проведением ремонтных операций. ГОСНИТИ является ведущей структурой, которая занимается вопросами исследования организации и технологии ремонта [15]. Но их разработки, в основном, предусматривают проведение текущих ремонтов для восстановления гидромашин трансмиссии и замену неисправных агрегатов и их узлов в условиях эксплуатации на отремонтированные. Такое состояние обусловлено недостаточным исследованием использования прогрессивных способов восстановления деталей гидромашин с учетом определенных конструктивных особенностей агрегатов гидравлической трансмиссии, которые дают оценку ее приспособленности для восстановления работоспособного состояния.

Способы ремонта агрегатов гидравлических трансмиссий, разработаны заводом «Гидросила», он же является изготовителем [16, 17]. Но они могут применяться только для ремонта агрегатов с незначительным износом основных деталей, что ограничивает их применение.

Более широко вопрос ремонта агрегатов гидравлических трансмиссий рассмотрен в работе [18]. В технологических процессах восстановления деталей применяются прогрессивные способы, например, такие, как плазменное напыление, ультразвуковая мойка и др.. Одновременно с этим, данный способ восстановления деталей реализуется без обоснованных нормативных структурных па-

раметров технического состояния деталей, что также указывает на отсутствие исследований ремонтпригодности деталей при их восстановлении.

Проведенный анализ ремонтпригодности гидравлической трансмиссии мобильных машин дает возможность сделать следующие выводы: система технического обслуживания агрегатов гидравлических трансмиссий характеризуется смотровыми и регулировочными операциями и диагностированием клапанно-разпределительных составляющих; техническое диагностирование гидравлической трансмиссии, как ресурсное так и заявочное характеризуется применением функциональной диагностики для определения технического состояния гидравлической трансмиссии в целом и ее составляющих, обуславливается значительной трудоемкостью работ и разгерметизацией гидравлической системы, что является недостаточно эффективным; восстановление работоспособного состояния агрегатов трансмиссии в условиях эксплуатации, в основном, характеризуется заменой агрегатов.

ПОСТАНОВКА ЗАДАНИЯ

Целью работы – является определение направлений улучшения ремонтпригодности агрегатов гидравлических трансмиссий мобильных машин в условиях эксплуатации за счет рассмотрения показателей ремонтпригодности гидравлической трансмиссии при проведении технического обслуживания, диагностики и ремонта.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

В условиях эксплуатации гидравлические трансмиссии работают в сложных условиях, которые характеризуются статодинамическим режимом нагрузок и сопровождаются волновыми колебательными процессами, которые со временем обуславливают потерю их работоспособного состояния. Для его обеспечения применяется плано-предупредительная система технического обслуживания и ремонта, которая предусматривает плано- и заявочную диагностику, обслуживание и ремонт гидравлических агрегатов. Таким образом, получается, что эффективность проведения выше изложенных ремонтно-обслуживающих воздействий, в основном,

будет характеризоваться приспособленностью трансмиссии для их выполнения, обеспеченностью приспособлениями и оснасткой, квалификацией специалистов.

Является очевидным, что показатели, которые позволяют в достаточной степени рассмотреть как экономическую так и оперативную стороны ремонтпригодности, а также выступить в качестве управляемых переменных, для обеспечения именно ее особенностей, будут учитывать затраты труда, средства производства для технического обслуживания и ремонта гидравлической трансмиссии. К ним можно отнести следующие показатели: коэффициент затрат средств (труда) на техническое обслуживание и ремонт ($K_{ТО, P}$); коэффициент технической оснащенности работ при ТО и ремонте ($K_{О, ТО, К_{О, P}}$); коэффициент технической вооруженности при ТО и ремонте ($K_{ОЗ, ТО, К_{ОЗ, P}}$); среднюю квалификацию специалистов, которые привлекаются для проведения технического обслуживания агрегатов гидравлических трансмиссий и ремонта ($K_{КВ, ТО, К_{КВ, P}}$).

Коэффициент затрат средств (труда) на техническое обслуживание и ремонт ($K_{ТО, P}$) определяется по формуле:

$$K_{ТО, P} = \frac{C_{\Sigma}}{C_H}, \quad (1)$$

где: C_{Σ} – суммарные затраты труда или денежных средств на техническое обслуживание и ремонт (или только на ТО и только ремонт)

C_H – начальная стоимость машины (или трудоемкость ее изготовления)

Для определения коэффициента затрат средств на ТО и ремонт необходимо знать начальную стоимость гидростатической трансмиссии. Она составляет 4500-5000 грн по данным завода изготовителя в зависимости от комплектации [19]. Суммарную стоимость технических обслуживаний гидравлических трансмиссий (ТО – 1, ТО – 2), которая за весь период эксплуатации 2000 - 2250 грн [19]. Стоимость ремонта гидравлической трансмиссии (ГСТ – 90) – составляет 2500 – 3000грн, по данным экспертной оценки [19].

Тогда коэффициент затрат средств на проведение технического обслуживания и ремонт будут составлять:

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЕМОНТОПРИГОДНОСТИ АГРЕГАТОВ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ТРАНСМИССИЙ МОБИЛЬНЫХ МАШИН В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

$$K_{TO} = \frac{2125}{5000} = 0,42 \text{ ,}$$
$$K_P = \frac{2750}{5000} = 0,55 \text{ .}$$

Полученные расчеты коэффициентов, указывают на низкий уровень обеспеченности агрегатов объемных гидравлических трансмиссий средствами механизации для проведения технических обслуживаний и текущих ремонтов, что способствует повышению трудоемкости выполняемых работ и, следовательно, их стоимости. Меньшее значение коэффициента при техническом обслуживании обуславливается тем, что при замене рабочей жидкости, чаще всего, применяют ручные устройства, которые увеличивают длительность операции. Кроме того, необходимо учитывать, что существующая технология ТО не предусматривает углубленное диагностирование (ГТ).

Технологический процесс ремонта агрегатов (ГТ), как правило, проводится с нарушением технологичности (отсутствует предремонтная диагностика, обкатка и испытание под нагрузкой и др.). Такое положение вещей обусловлено отсутствием сформированного эффективного алгоритма для проведения предремонтной диагностики и приспособлений и оснастки для выполнения обкаточно-испытательных работ под нагрузкой. Операции восстановления деталей сопровождаются применением ручного труда при проведении их притирки, что значительно увеличивает трудоемкость работ и стоимость ремонта и, в целом, не дает точную информацию с точки зрения затрат труда на ремонт гидроагрегатов.

Таким образом, уменьшение затрат средств (трудоемкости) при техническом обслуживании возможно за счет применения прогрессивных методов диагностирования при проведении ТО – 2 и средств механизации, которые дадут возможность сократить время поиска неисправности (заявочное диагностирование) и определить остаточный ресурс исправных агрегатов. А также обеспечить механизацию работ при замене рабочей жидкости, что даст возможность выявить истинную оценку показателей ремонтпригодности в условиях эксплуатации при ТО.

К основным ресурсам снижения коэффициента затрат средств (труда) при ремонте следует отнести: применение предремонтной

диагностики (позволит избежать необоснованной разборки агрегатов при ремонте); механизацию разборочно-сборочных и притирочных работ (обеспечит снижение общей трудоемкости ремонта); применение конструкций стендов для обкатки и испытаний с обеспечением автоматического режима нагрузок (снижение трудоемкости работ).

Коэффициент технической оснащенности работ при ТО и ремонте определяется по формулам:

$$K_{O, TO} = \frac{C_{O, TO}}{C_H}, \quad (2)$$

$$K_{O, P} = \frac{C_{O, P}}{C_H}, \quad (3)$$

где: $C_{O, TO}$ – стоимость технологического оборудования, которое используется при ТО.

$C_{O, P}$ – стоимость технологического оборудования, используемого при ремонте.

Основная стоимость оборудования при проведении работ по ТО приходится на заправочные и промывочные установки для замены рабочей жидкости в трансмиссии и диагностические приспособления. Ранее отмечалось, что заправочные операции проводятся переносными устройствами и это обуславливается отсутствием эффективных конструкций установок, которые бы объединяли в себе обеспечение механизации, как промывочных, так и заправочных работ. А стоимость диагностического оборудования определяется манометрами, которые применяются при функциональной диагностике гидравлической трансмиссии. Таким образом, определение данного показателя для технического обслуживания ГТ требует разработки выше указанных установок и средств диагностики трансмиссии и, на основе этого, обоснования его стоимости, что даст достоверную оценку коэффициента оснащенности при ТО.

Стоимость оборудования при проведении ремонтных работ в условиях эксплуатации характеризуется видом и объемом работ. Для восстановления работоспособного состояния агрегатов ГТ в условиях эксплуатации, как правило, проводят замену составляющих (гидромотора, гидронасоса, насосов подпитки, гидрораспределителя управления рабочим объемом, клапанной коробки). Для проведения этих операций потребуется специальное подъемное оборудование, специальные съем-

ники и др.. Стоимость данного оборудования составляет $C_{O, P} = 3200$ грн. [19].

Тогда:

$$K_{O, P} = \frac{3200}{5000} = 0,64.$$

Значение данного коэффициента может колебаться в определенных рамках, в связи с тем, что в разных комбайнах размещение агрегатов не одинаково, а это обуславливает применение специального подъемного оборудования, которое отличается по конструкции, а, следовательно, и по себестоимости. Для таких случаев необходима разработка модульного оборудования, которая даст возможность применять его при различном размещении агрегатов ГТ на комбайне.

Коэффициент технической вооруженности трансмиссии при ТО и ремонте определяется по формуле:

$$K_{Oz, TO} = \frac{C_{O, TO}}{N_{СП}}, \quad (4)$$

$$K_{Oz, P} = \frac{C_{O, P}}{N_{СП}}, \quad (5)$$

где: $N_{СП, TO}$, $N_{СП, P}$ – соответственно среднегодовое количество специалистов, которые привлекаются к работе при техническом обслуживании и ремонте.

При проведении работ по техническому обслуживанию №1, как правило, привлекается 1 специалист, а для технического обслуживания №2 – два специалиста, одним из которых является инженер-диагност [10]. Учитывая то, что в среднем за год для поддержания работоспособного состояния комбайна проводится около 7-ми технических обслуживаний №1 и два технических обслуживания №2, то среднее количество специалистов составляет 11 человек. Кроме того, стоимость технического обслуживания, которое применяется в данный момент для проведения ТО, не отображает истинной информации о себестоимости необходимого оборудования, поэтому коэффициент технической вооруженности не рассчитывается.

Для проведения ремонтных работ при восстановлении работоспособного состояния агрегатов гидравлических трансмиссий в условиях эксплуатации необходимо 2 специалиста. Вместе с тем, среднегодовое количество специалистов для проведения ремонтных работ будет обусловлено показателями эксплуатационной надежности, которые являются случайной величиной. В связи

с этим, коэффициент технической вооруженности, при ремонте агрегатов ГТ в условиях эксплуатации, также не дает возможности предоставить достоверную оценку приспособленности трансмиссии к восстановлению работоспособного состояния, с точки зрения технического вооружения специалистов, которые привлекаются для проведения ремонтных работ. Для его определения необходимо иметь такую информацию, как наработка на отказ, интенсивность отказов и др..

Не менее важными показателями для определения ремонтпригодности гидравлической трансмиссии является средняя квалификация специалистов, которые проводят ТО и ремонт. Как правило, для проведения технического обслуживания привлекают специалистов 4-го и 5-го разрядов, а для ремонта 5-го. Это связано с тем, что агрегаты гидравлической трансмиссии эксплуатируются на рабочих жидкостях 10-го класса чистоты и требуют высокой квалификации специалистов при проведении ТО и диагностики. Кроме того, значительное количество деталей гидроагрегатов изготовлено по высоким классам чистоты рабочих поверхностей и точности геометрической формы, а это означает, что работы по восстановлению работоспособного состояния гидроагрегатов должны выполнять специалисты не ниже 5-го разряда.

Средняя квалификация специалистов, привлекаемых для проведения технического обслуживания агрегатов гидравлических трансмиссий и ремонта рассчитывается по формулам:

$$K_{KB, TO} = \frac{\sum_{i=1}^k n_{TO,i} \cdot K_{KB,i}}{N_{СП, TO}}; \quad (6)$$

$$K_{KB, P} = \frac{\sum_{j=1}^k n_{P,j} \cdot K_{KB,j}}{N_{СП, P}}; \quad (7)$$

где: $N_{СП, TO}$, $N_{СП, P}$ – соответственно среднегодовое количество специалистов, которые выполняют работы по ТО и ремонту ГТ;

$n_{TO,i}$, $n_{P,j}$ – соответственно количество специалистов, которые выполняют проведение работ по техническому обслуживанию i -го, j -го вида.

$K_{KB,i}$, $K_{KB,j}$ – соответственно разряд работы при выполнении обслуживания i -го вида и ремонта j -го вида.

Следовательно, среднюю квалификацию необходимого количества специалистов, ко-

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЕМОНТОПРИГОДНОСТИ АГРЕГАТОВ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ТРАНСМИССИЙ МОБИЛЬНЫХ МАШИН В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

торые будут выполнять ремонтно-обслуживающие действия составляет:

$$K_{KB, TO} = \frac{7 \cdot 4 + 4 \cdot 5}{11} \approx 4,8 \quad ,$$

$$K_{KB, P} = \frac{4 \cdot 5}{4} = 5.$$

Проведенные расчеты показывают, что для обслуживания и ремонта агрегатов ГТ необходимо привлечь высококвалифицированных специалистов.

ВЫВОДЫ

В целом проведенные расчеты показателей ремонтпригодности агрегатов гидравлических трансмиссий в условиях эксплуатации дают возможность сделать следующие выводы:

1) При проведении технического обслуживания агрегатов гидравлических трансмиссий снижение трудоемкости работ возможно за счет механизации заправочных работ при замене фильтра и рабочей жидкости, применении прогрессивных методов и средств диагностики гидроагрегатов при техническом обслуживании №2;

2) К основным ресурсам снижения коэффициента затрат средств (труда) при ремонте следует отнести: применение предремонтной диагностики (позволяет избежать необоснованной разборки агрегатов при ремонте); механизацию разборочно-сборочных и притирочных работ (обеспечение снижения общей трудоемкости ремонта); применение конструкций стендов для обкатки и испытания с обеспечением автоматического режима нагрузки (снижение трудоемкости работ)

3) Коэффициент технической вооруженности при ремонте агрегатов ГТ в условиях эксплуатации не дает возможности дать достоверную оценку приспособленности трансмиссии к восстановлению работоспособного состояния, с точки зрения технической вооруженности специалистов, привлекаемых для проведения ремонтных работ, в связи с отсутствием показателей эксплуатационной надежности.

4) Работы по восстановлению работоспособного состояния агрегатов ГТ должны выполнять специалисты не ниже 5-го разряда.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Voronchikhin F. G. 1979. Vibor skhemy obyomnogo gidroprivoda khodovoy sistemy

kombainov // Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya selskogo khozyaystva. –№12

2. Detina A. F. 1984. Gidroprivod dlya mashin zhivotnovodstva i kormoproizvodstva – M. : Kolos, – 223.

3. Kachanov U. F. 1983. Eksperimentalnoe isledovanie upravleniya samokhodnikh // Traktori i selkhoz mashini –№10 – 7-8.

4. Detina A. F. 1981/ Zavisimost rabochix kharakteristik gidromashin ot skhemi gidrotransmisii samokhodnikh kombainov // Traktori i selkhoz mashini. –№5. 16-19.

5. Petrov V.A. 1988. Gidroobjemnie transmisii samokhodnikh mashin.–M.: Mashinostroenie.– 248.

6. Gorbatov V. V. 1987. Pochemy nizkaya nadezhnost gidroobjemnogo privoda // Tekhnika v selskom khozyaystve. –№9. 10 – 12.

7. Nadezhnost gidravlicheskih sistem vozdushnikh sudov / [T. M. Bashta, V. D. Babanskaya, U. S. Golovko i dr.] : pod red. T. M. Bashta. – M. : Transport, 1986. – 279.

8. Kirillov U. I. 1987. Ekspluatatsiya i remont objemnogo gidroprivoda. M. : Agropromizdat, – 80.

9. Dymenko K. 2012. Modelirovanie processa obes-pecheniya nadezhnosti zernoyborochnikh kombainov // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol.14, №2. 51 – 56.

10. Kombain “Don” i jego sostavnie chasti. Vremennoe rykovodstvo po diagnostirovaniu. – M.: GOSNITI, 1987. – 71.

11. Kombain samokhodnyy kormoyborochnyy KSK – 100 i kosilka plushilka KPS – 5G. Rykovodstvo po resyrsnomy diagnostirovaniu. – M. : GOSNITI, 1985. – 19.

12. Kornev B. Sh. 1987, Diagnostirovanie obiemnogo gidroprivoda // Tekhnika v selskom khozyaystve. –№3. 17– 19.

13. Atamanuk I. 2012. Polinomialniy stakhosticheskiy algoritm prognozirovaniya nadezhnosti tekhnicheskikh objektov na baze apparata kanonicheskikh razlozheniy // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 14, №2. – 67-73.

14. Remontoprigodnost mashin / [P. N. Volkov, A. I. Aristov, L. G. Dubickiy i dr.] : pod red. P. N. Volkova. – M.: Mashinostroenie, 1975 – 368.

15. Melyancov P. T. 1986. Opit remonta gidro-

privoda GST-90 na remontnikh predpriyatiyakh – M.: Gosagroprom SSSR, Agromiiteiito, - 42.

16. PAT. 175664A1 SSSR, F 04 B 1/20. Sposob vosstanovleniya rabotosposobnosti aksialno-porshnevoi gidromashini. / Shtytman P. L., Zubanov V. V. Tkachenko V. A. I dr.: zayavitel I patentoobladatel Kirovogradskiy zavod gidravlicheskikh silovikh mashin “Gidrosila”. – 4797054/29: zayavl. 28.02.1990: opubl. 23.08.92, Bul, №31

17. Pat. 1753022 A1 SSSR, F 04 B 1/20. Sposob vosstanovleniya rabotosposobnosti aksi-alno-porshnevoy gidromashini / Medyanik V. G., Tkachenko V. A., Deev V. A. I dr. : zayavitel I patentoobladatel Kirovogradskiy zavod gidravlicheskikh silovikh mashin “Gidrosila”. - № 4836130/29: zayavl. 07.06.1990: opubl. 07.08.1992. Bul. №29.

18. Cherkyn V. E. 1985. Remont gidroagrega-

torov trak-torov I selskokhozyaistvennikh mashin – M.: Gosagroprom SSSR. CNIITEI. – 45.

19. www.impel.ua

DEFINITION OF INDICATORS OF MAINTAINABILITY HYDRAULIC TRANSMISSIONS MOBILE MACHINES IN THE OPERATION

Summary. During the investigation of indicators of maintainability hydraulic transmissions in the operation were developed measures for indicators improvement in behalf of shall operate status of units, searching for malfunctions and repair operability. Also, when calculating the coefficients, which are indicators of maintainability, reasonable and possible ways to reduce costs during the repair and service impacts.

Key words: hydraulic transmissions, reliability, indicators of maintainability, maintenance, diagnostics, repair.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ САХАРНОГО СОРГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРОКОВ СЕВА И ГЛУБИНЫ ЗАДЕЛКИ СЕМЯН

Василий Курило, Александр Ганженко, Людмила Герасименко
 Институт биоэнергетических культур и сахарной свеклы Украины
 г. Киев, ул. Клинична 25

Vasily Kurylo, Alexander Ganzhenko, Lyudmila Gerasimenko
 Institute of bioenergy crops and sugar beet NAAS of Ukraine

Аннотация. В статье приведены результаты исследований по изучению влияния сроков сева и глубины заделки семян на продуктивность сахарного сорго, выход из него биоэтанола, твердого биотоплива и общей энергии в условиях центральной Лесостепи Украины. Установлено, что лучшая энергетическая продуктивность сахарного сорго наблюдается при посеве семян во второй декаде мая на глубину 4-6 см.

Ключевые слова: сахарное сорго, биотопливо, биоэтанол, энергия, продуктивность.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Сахарное сорго (*Sorghum saccharatum*) способно формировать стабильные высокие урожаи даже при неблагоприятных погодных условиях. С одного гектара посевов сахарного сорго можно собирать 90...120 т/га сахароносной биомассы с общим содержанием сахаров в соке до 18% [20].

Несмотря на высокую энергетическую ценность, сейчас отсутствует адаптированная к почвенно-климатическим условиям Украины технология выращивания сахарного сорго.

Исследования проводились согласно с программой научных исследований НААН №22 «Биоэнергетические ресурсы» ИБКиСС.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Биомасса как возобновляемый источник энергии вызывает интерес среди потенциальных покупателей в мире. Из растительной биомассы можно получить энергию путем прямого сжигания (твердое биотопливо) или переработки на жидкое (биоэтанол) или газообразное (метан) топлива. В будущем биомасса растительного происхождения станет одним из основных источников для производства биотоплива [2, 3, 12, 15, 17].

Сахарное сорго является универсальным растением, сырье которого может использо-

ваться как в пищевой промышленности, так и на биотопливо [6, 7, 9]. Сок из стеблей сахарного сорго, полученный вальцевым пресованием по общему содержанию сахаров не уступает сахарному тростнику, но в отличие от последней кроме сахарозы содержит значительную долю глюкозы, фруктозы и растворимого крахмала, который препятствует кристаллизации [1,4,8,10,11,16,18,19]. Поэтому из сока сахарного сорго производят не кристаллический, а жидкий сахар (сироп). Дальнейшее удаление сока на экструдерах позволяет получить еще 40 % сока с повышенным содержанием сухих веществ, который может использоваться на биоэтанол. После экструдирования влажность стеблей сахарного сорго не превышает 40 %, поэтому они могут быть сырьем для производства твердого биотоплива (топливных гранул или брикетов), или их можно использовать в биогазовых генераторах для получения биогаза [5,13,14].

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Целью исследований является повышение энергетической продуктивности сахарного сорго путем оптимизации сроков сева и глубины заделки семян в условиях Лесостепи Украины.

Исследования проводились в течение 2010 – 2012 годов, в условиях центральной Лесостепи Украины на Белоцерковской ДСС ИБКиЦБ.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Результаты исследований показали, что сроки сева и глубина заделки семян существенно влияли на рост и развитие растений сахарного сорго, в частности на высоту растений, продуктивность биомассы, выход биотоплива и энергии.

В начале вегетации (период «всходы-кущение») растения сахарного сорго мед-

ленно формировали надземную массу, в этот период происходит активное развитие корневой системы. Максимальный суточный прирост высоты растений наблюдали в межфазный период «стеблевания-выбрасывания метелки», что составляет 5...6 см. В третий срок посева семян этот период проходил при наиболее благоприятных погодных условиях. Поэтому, наибольшая высота растений отмечалась при посеве семян на глубину 4...6 см во второй декаде мая и составила 294 ... 298 см (рис. 1).

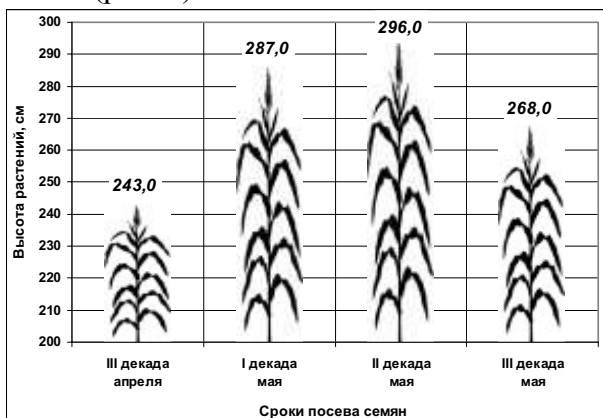


Рис. 1 - Влияние сроков сева на высоту растений сахарного сорго

Fig. 1 - Effect of planting terms on high plants sugar sorghum

Несколько ниже были растения с второго и четвертого сроков посева, их высота составила 286...288 см и 268...269 см соответственно. При первом сроке посева высота растений была наименьшей и составляла 242...245 см. Это объясняется тем, что в условиях низких температур, характерных для первого срока посева, растения сахарного сорго не так активно формировали свою корневую систему и надземную вегетативную массу.

Продуктивность зеленой массы при посеве семян во вторую декаду мая была высокой и составила - 71,6; 75,6; 76,9; 70,6 и 67,6 т/га при глубине заделки семян 2, 4, 6, 8 и 10 см соответственно (рис. 2). При посеве семян в третьей декаде апреля урожайность биомассы была меньше и составляла в среднем 66,6 т/га в первой декаде мая - 70,2 т/га в третьей декаде мая - 65,4 т/га.

Применив к полученным экспериментальным данным методы математического анализа было установлено, что максимальный урожай зеленой биомассы сахарного сорго можно достичь при посеве семян в период 5-15 мая (рис. 3а).

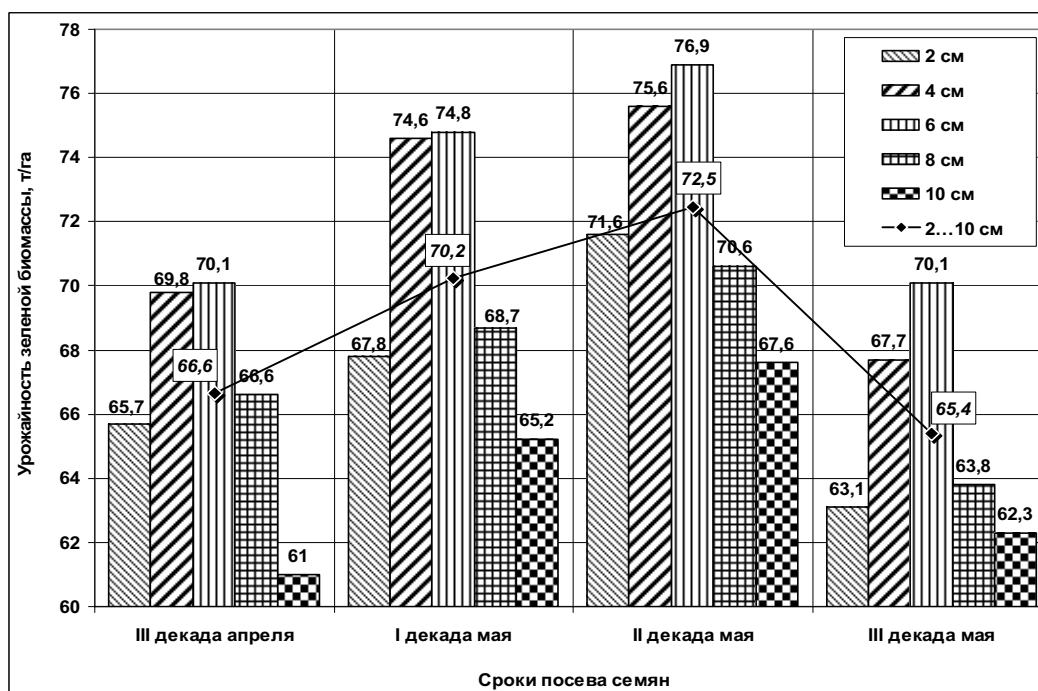


Рис. 2. Влияние сроков сева и глубины заделки семян на урожайность зеленой биомассы сахарного сорго

Fig. 2. Effect of planting terms and seeding depth on the productivity of green biomass sugar sorghum

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ САХАРНОГО СОРГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРОКОВ СЕВА И ГЛУБИНЫ ЗАДЕЛКИ СЕМЯН

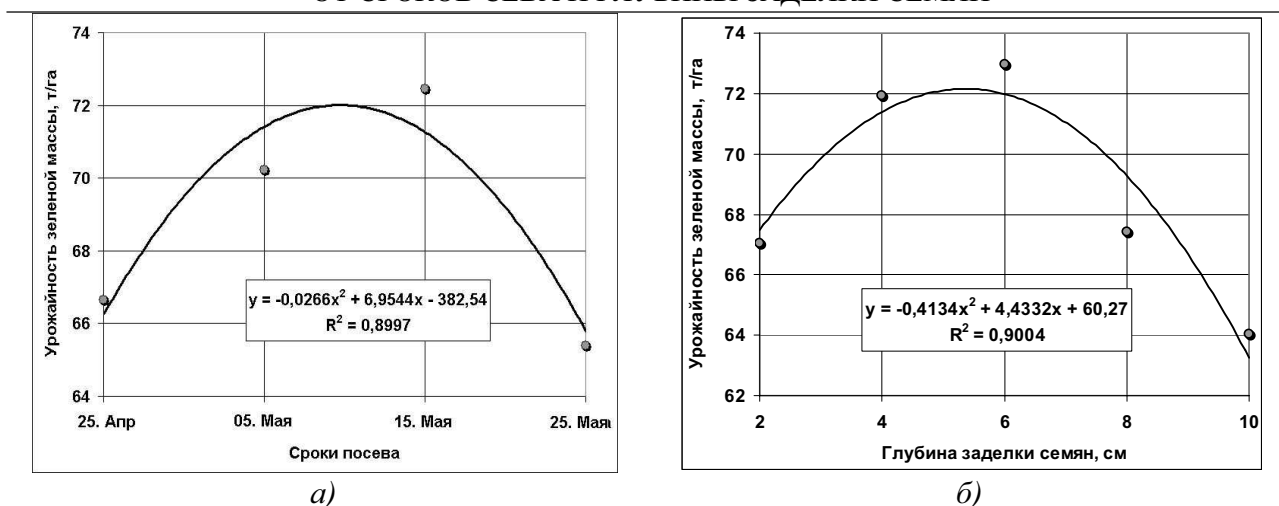


Рис. 3. Оптимизация по урожайности зеленой биомассы сахарного сорго:
а) сроков посева семян; б) глубины заделки семян

Fig. 3. Optimization of the yield of green biomass sugar sorghum:
a) the planting terms of seeding; b) the depth of seeding

Характер размещения точек на рис. 3б показывает, что связь между глубиной заделки семян сахарного сорго и урожайностью зеленой биомассы также является нелинейным. Применяв метод наименьших квадратов, установлено, что эта связь описывается полиномом второго порядка:

$$y = -0,4134 \cdot x^2 + 4,4332 \cdot x + 60,27 \quad (1)$$

где: y – урожайность зеленой биомассы, т/га;
 x – глубина заделки семян, см.

Исследовав уравнения (1) на экстремум было установлено, что оптимальной глубиной заделки семян, при которой достигается наибольшая урожайность сахарного сорго является 5...5,5 см.

Таким образом, для получения максимального урожая зеленой биомассы сахарного сорго в зоне неустойчивого увлажнения сев семян следует начинать в I-II декаде мая, заделывать семена нужно на глубину 5...5,5 см.

Расчет выхода биоэтанола проводили исходя из средней урожайности на пяти вариантах глубин. Наибольший расчетный выход биоэтанола из сока сахарного сорго получено при посеве семян во второй декаде мая (третий срок) – 2,31 т/га (рис.4). Несколько меньший выход биоэтанола получили за первого, второго и четвертого сроков сева – 2,09; 2,21 и 2,04 т/га соответственно.

Глубина заделки семян также оказала существенное влияние на выход биоэтанола. Так, при посеве семян во II декаде мая на глубину 6 см выход биоэтанола был самый высокий в опыте и составил 2,53 т / га. Отклонение от оптимальной глубины заделки семян приводило к уменьшению выхода биоэтанола по всем срокам посева семян (см. рис. 4).

Сухая масса сахарного сорго, которая остается после удаления сока, за счет значительного содержания углеводов, является ценным сырьем для производства твердого биотоплива (пеллет, брикетов). Так, с одного гектара сахарного сорго сорта Силосное 42, при посеве во второй декаде мая, можно получить от 17,2 до 22,2 т/га твердого биотоплива в зависимости от глубины заделки семян (рис. 5). Наибольший выход твердого биотоплива (22,2 т/га) наблюдался при посеве семян на глубину 6 см. Уменьшение или увеличение глубины заделки семян по всех сроков сева приводило к уменьшению количества твердого биотоплива из 1 гектара. Отклонение от оптимальных сроков посева семян также приводило к уменьшению выхода твердого биотоплива. Так, при посеве семян в третьей декаде апреля (первый срок) выход твердого биотоплива в среднем 14,4 т/га, в первой декаде мая (второй срок) - 16,3 т/га, а в третьей декаде мая (четвертый срок) - 14,9 т/га.

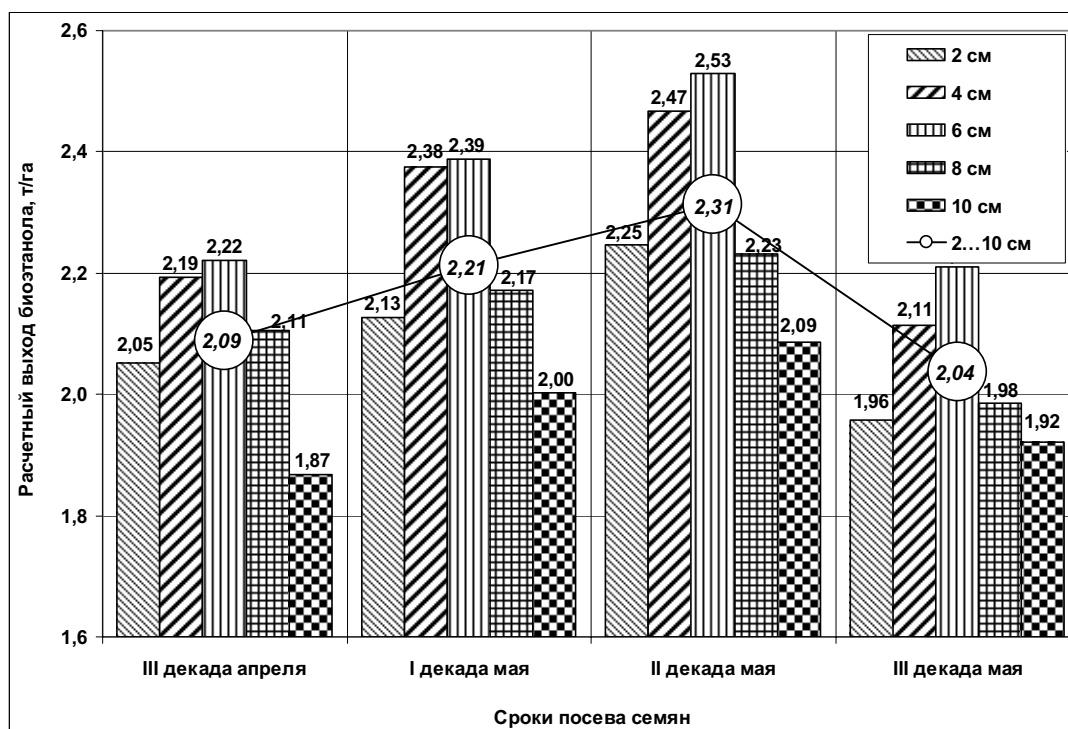


Рис. 4. Влияние сроков сева и глубины заделки семян сахарного сорго на выход биоэтанола
 Fig. 4. Effect of planting terms and seeding depth of sugar sorghum on output of bioethanol

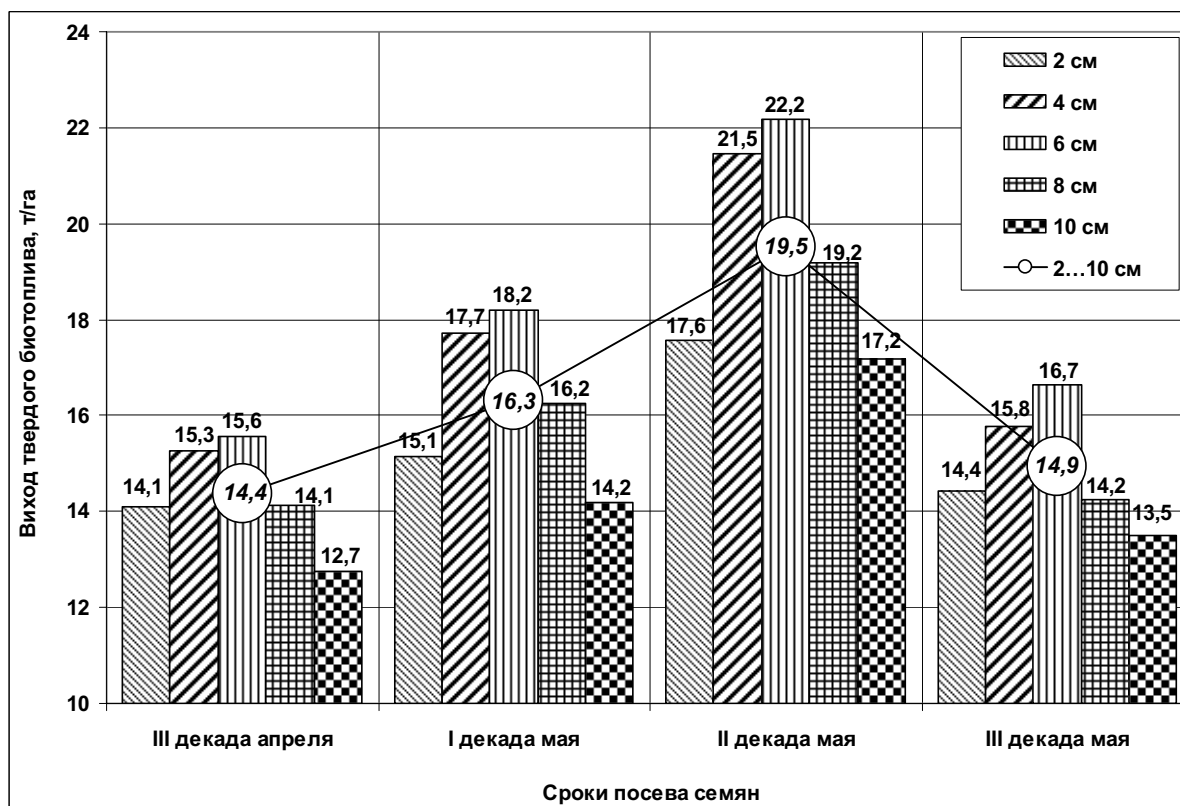


Рис. 5. Влияние сроков сева и глубины заделки семян сахарного сорго на выход твердого биотоплива
 Fig. 5. Effect of planting terms and seeding depth of sugar sorghum on output of biofuels

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ САХАРНОГО СОРГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРОКОВ СЕВА И ГЛУБИНЫ ЗАДЕЛКИ СЕМЯН

Зеленая биомасса сахарного сорго или сорговый силос также является ценным сырьем для производства биогаза. Из 1 тонны зеленой биомассы можно получить до 140 м³ биогаза с содержанием метана (СН₄) более 60%. По результатам расчетов установлено, что в среднем по всем вариантам глубины заделки семян (2, 4, 6, 8 и 10 см) больше биогаза (12,4 тыс.м³/га) можно получить при посеве семян сахарного сорго во II декаде мая (рис. 6). Сев семян на 10 и 20 дней раньше приводила к уменьшению выхода биогаза на 2,0 и 3,3 тыс.м³/га соответственно. Опоздание со сроками сева на 10 дней вызвало уменьшение выхода биогаза на 2,9 тыс.м³/га.

Наибольший расчетный выход биогаза в опыте (14,1 тыс.м³/га) было достигнуто при посеве семян во II декаде мая на глубину 6 см. Отклонение от оптимальной глубины заделки семян приводило к уменьшению выхода биогаза на всех вариантах сроков сева.

Расчет потенциального выхода энергии проводили, исходя из условия, что после удаления сока для производства этанола сухие стебли сахарного сорго используются для производства твердого биотоплива. Таким образом энергии, которые можно получить из биоэтанола и твердого биотоплива - суммируются. Для расчетов принимали, что

теплотворная способность 1 кг биоэтанола составляет 25 МДж/кг, твердого биотоплива – 16 МДж/га.

Для производства биогаза задействуется вся биомасса сахарного сорго, а отходы используются в качестве удобрений, поэтому общий выход энергии в этом случае определяется только энергией, полученной из биогаза. Энергоемкость биогаза (на основе метана) принимали 21 МДж/м³.

Наибольший выход энергии (349 ГДж/га) в среднем по всем срокам сева замечено при глубине заделки семян 6 см и при условии переработки сырья сахарного сорго на биоэтанол и твердое биотопливо (рис. 7). При этом доля энергии в твердом биотопливе составляет 83% и только 17% - в биоэтаноле. В случае переработки сырья сахарного сорго в биогаз, максимальный выход энергии был также при глубине посева семян 6 см и составил 242 ГДж/га, то есть вдвое меньше, чем при производстве биоэтанола и твердого биотоплива.

Наибольший выход энергии получено при посеве семян сахарного сорго во II декаде мая на глубину 6 см. Проведение сева в более ранние или поздние сроки приводило к недобору энергии. Отклонение от оптимальной глубины посева семян также уменьшало расчетный выход энергии.

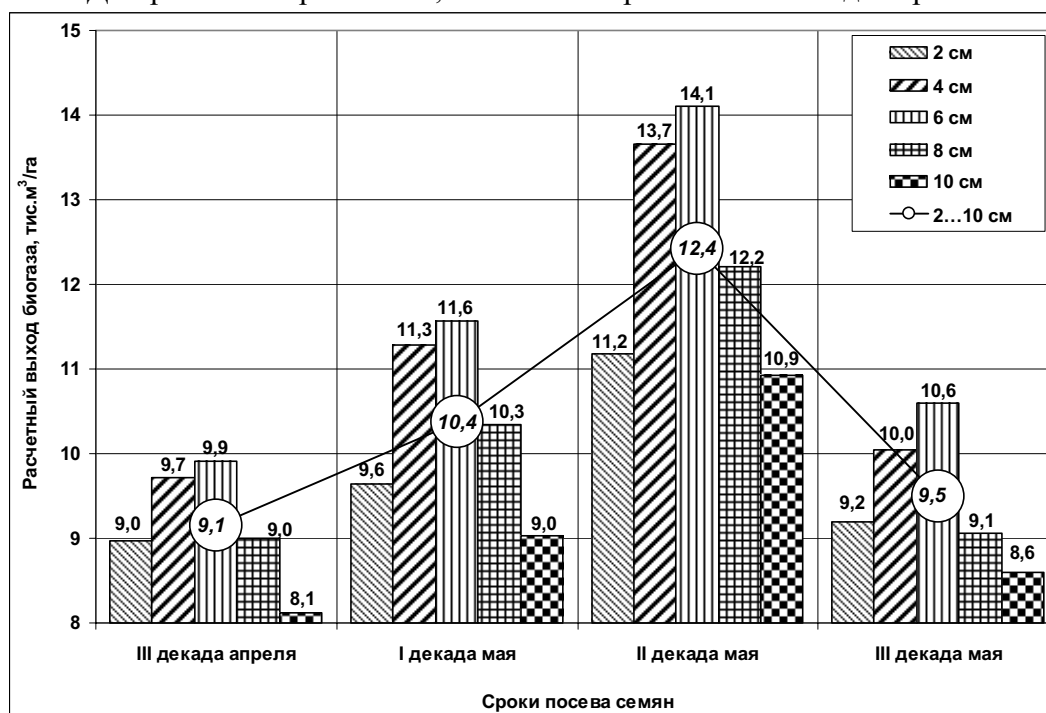


Рис. 6. Влияние сроков сева и глубины заделки семян на потенциальный выход биогаза
Fig. 6. Effect of planting terms and seeding depth of sugar sorghum on output of potential biogas

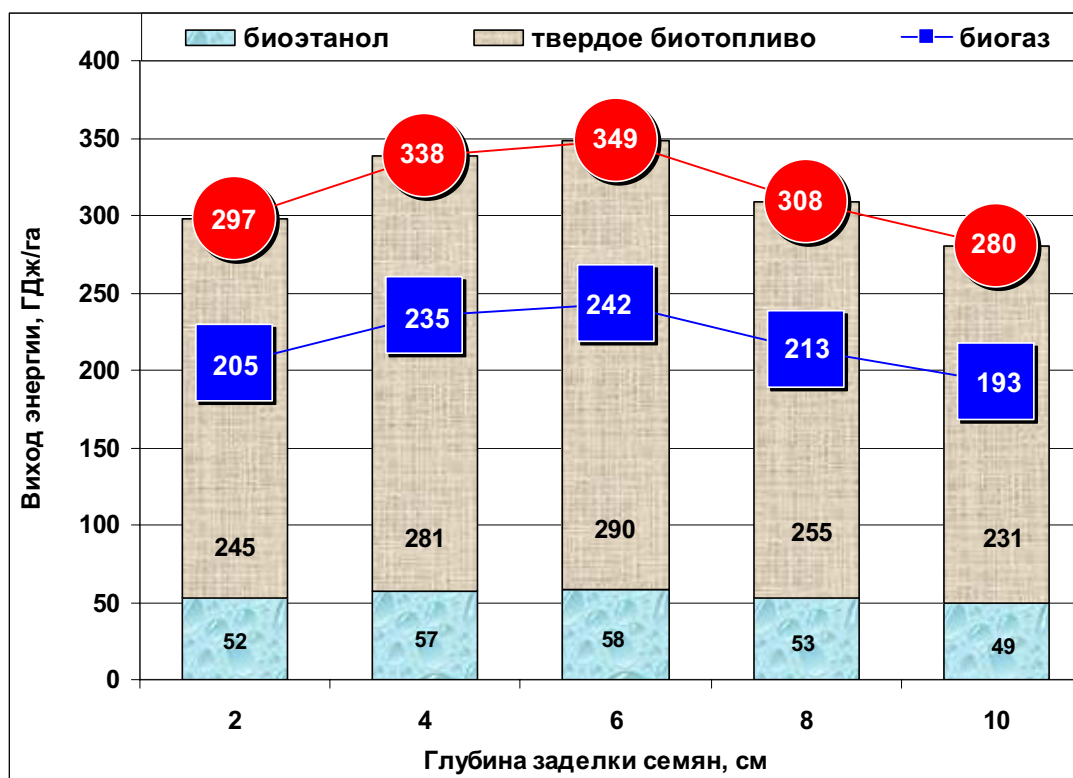


Рис. 7. Влияние глубины заделки семян на выход энергии
Fig.7. Effect of seeding depth on energy output

Исследовав полином второго порядка (рис. 8) методами математического анализа было установлено, что наибольший общий выход энергии с 1 га посевов сахарного сорго достигается посевом семян на глубину 5,5...6,0 см.

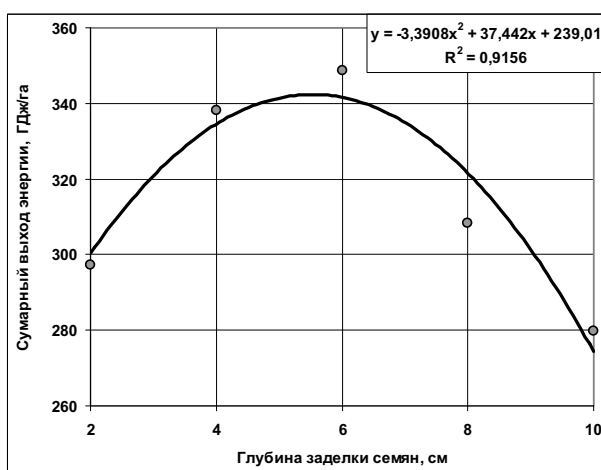


Рис. 8. Оптимизация глубины заделки семян сахарного сорго по общему выходу энергии
Fig. 8. Optimization of the seeding depth sugar sorghum the overall energy

ВЫВОДЫ

Таким образом, высокая продуктивность и наибольший выход энергии от биоэтанола и твердого биотоплива, полученного из единицы площади сахарного сорго сорта Силосное 42 в условиях центральной Лесостепи Украины, достигается при посеве семян во второй декаде мая на глубину 4...6 см.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Biomassa spaset mir // Zelenaya ener-getika. – 2004. – № 3. 7 – 9.
2. Buzovs'kyu Ye.A. 2007. Netradytsiyni ponovlyuva'l'ni dzhерela enerhiyi [navchal'no-metodychnyy posibnyk] – K.: NNI PO NAU, 21.
3. Gorpinichenko S.I. 2009. Perspektiviyi proizvodstva bioetanola iz sorго // Zernovoe hozyaystvo Rossii. — № 4. 27-33.
4. Hanzhenko O.M. – 2012. Tsukrove sorho // The ukrainian Farmer.– №10. 42-44.
5. Hrynyuk I. 2007. Sorho – shche odna syrovyna dlya biopalyva // Ahrosektor. — №4. – 33.
6. Dolgaleva L.D. 1985.Vyigodnoe sorго // Kukuruza i sorго. – № 1.15 – 17.
7. Kadyirov S.V. 2008. Sorго.– Rostov n/D: ZAO «Rostizdat», 80.

8. Kaletnyk H.M. 2008. Rozvytok rynku biopalyva v Ukrayini: monohrafiya. –K.: Ahrarna nauka,– 464.
9. Kurylo V.L. 2011.Vpluv pogodnyh umov na urozhainist sorho tsukrovoho zalezho vid strokiv sivby i glubunu zagortannia nasinnia // Bioenerhetyka: vup. 12. 74 –78
10. Kyrychenko M. 2012. Tsukrove sorho vyhlyadaye dovoli enerhetychnoyu kul'turoyu // Zerno i khlib. — № 4. 61 – 62.
11. Kontseptsiya rozvytku bioenerhetyky v Ukrayini / [H.H. Heletukha, T.A. Zhelyezna, S.V. Tyshaev ta in.]. – In-t teplofizyky NAN Ukrayiny, 2001. – 14.
12. Lipski R. 2006. Energetyczne wykorzystanie biomasy na przykladzie kotlowni opalanej sloma we fromborku i // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 8A. – 202-209.
13. Lungu V. 2009. Rekomendatsii po optimizatsii pitatelnykh rezhimov pochv pri vzdelyivannii saharnogo sorho, prednaznachennogo dlya proizvodstva vozobnovlyajemykh energoresursov – Chisinau: Pontos,. – 36.
14. Moroz O.V. 2013. Sorho tsukrove – yak fitoenerhetychna kul'tura // Ahronom. — № 1. – 204 – 205.
15. Niedziolka I. 2006. Analiza energetyczna wybranych rodzajow biomasy pochodzenia roslinnego // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 8A. – 232-237.
16. Obayan A.S. 2006. Sorho – vyigodnaya kultura. // Zemledelie. — № 4. 31.
17. Royik M.V. 2013. Bioenerhetyka v Ukrayini: stan ta perspektyvy rozvytku // Bioenerhetyka. — №1. 5-10.
18. Skoryy V.M. 2009. Enerhetychni roslyny v Ukrayini. – K.: Feniks, – 224.
19. Storozhyk L.I. 2012. Urozhainist' ta yakist' nasynnya sorho tsukrovoho zalezho vid strokiv sivby i sortovykh osoblyvostey // Ahrobiolohiya. — [vyp. 7]. – 61 – 65.
20. Shepel N.A. 1994. Sorho // Volgograd, – 448.

ENERGY VALUE OF SUGAR SORGHUM DEPENDING ON PLANTING AND SEED- ING DEPTH

Summary. The article deals with the results of the research of the influence of planting terms and seeding depth on the productivity of sugar sorghum, output of bioethanol, the biofuels and energy in the central forest-steppe of Ukraine. It is established that the best energy productivity of sugar sorghum is observed by the planting in mid-May at the seedin g depth of 4-6 cm.

Key words: sugar sorghum, biofuel, ethanol, energy, productivity.

ТЕХНОЛОГИЯ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕГО НАКОПЛЕНИЯ ВЛАГИ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Елена Золотовская, Александр Миронов

Днепропетровский государственный аграрный университет

г. Днепропетровск, ул. Ворошилова 25

Elena Zolotovskaya, Aleksandr Mironov

Dnepropetrovsk state agrarian university

Аннотация. В статье приведены результаты исследований накопления влаги. Получена модель накопления влаги: определение температур на поверхности и глубине почвы, плотности, капиллярного потенциала почвы и абсолютной влажности воздуха, толщины теплоизоляционного слоя. Использование предлагаемой технологии позволит оптимизировать, управлять формированием урожая сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: влага, температура, почва, конденсация, ресурсосберегающая технология

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Развитие общества характеризуется бурным ростом мирового энергетического потребления, которое в ближайшем будущем невозможно будет обеспечить традиционными источниками энергии. С учетом снижения мировых запасов не возобновляемых источников, на первый план выходит развитие новых систем получения энергии, использующих возобновляемые источники. Среди возобновляемых источников энергии наиболее перспективными и готовыми для широкого практического применения являются источники геотермальной и солнечной энергии [1,2]. Как показывают многочисленные исследования, внутри Земли заключено гораздо больше тепла, чем можно было бы получить его в ядерных реакторах при расщеплении всех земных запасов урана и тория. По оценкам специалистов, если человечество будет использовать только геотермальную энергию, пройдет 41 млн. лет, прежде чем температура недр Земли понизится только на полградуса [3].

На современном этапе развития сельского хозяйства одной из актуальных проблем является создание ресурсосберегающих технологий, основанных на природном земледелии, которые помогут повысить урожай-

ность, снизить энергозатраты, избежать загрязнения воды и воздуха, предотвратить эрозию почвы. Одним из факторов, которые лимитируют урожайность сельскохозяйственных культур в технологиях АПК является влажность почвы [4; 5; 15]. В степной зоне, где осадков недостаточно и часто бывают засухи, появляется необходимость в исследовании влажности почвы и влияния на неё человека, а не погоды. В настоящее время эта проблема системно, теоретически и оперативно в полевых условиях не решена.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Анализ научных работ, посвященных изучению поверхностной обработки почвы [4,6], показывает, для того чтобы вырастить и собрать хороший урожай в действующих природных условиях необходимо понимать технологию накопления влаги и теплофизические характеристики в почвенном профиле. Значительную помощь могут дать такие приемы обработки почвы, как боронование или лущения стерни, что в 50 ... 60 годы прошлого столетия были неподвижными. Поле после лущения, с мульчирующим слоем почвы, растительными остатками толщиной 6 см, на гектаре теряет до 0,36 мм воды в сутки (для сравнения: без мульчи 5,4 - 6,8 мм, или 54 - 68 т / га воды) . Исследования показали, что шелушение супесчаной почвы повышает влажность слоя 0 - 5 см на 0,4 - 2,3%, а слоя 5 - 10 см - на 3,1 - 4,3%. Это позволяет, даже при сухой погоде, выращивать сельскохозяйственные культуры и обеспечивать качественную подготовку почвы к посеву озимых [7,17,19].

Для каждой системы обработки [6] проводятся соответствующие технологические мероприятия.

На базе вспашки (традиционный): провокация прорастания семян сорняков и пада-

лицы, разрушение капилляров и подрезание сорняков; рыхление почвы на глубину 20-32 см с полным переворотом пласта; полной заделкой растительных остатков на глубину 8-12 см; подготовка равномерного по глубине семенного ложа, мелкокомковатой структуры посевного слоя почвы; заделки семян на заданную глубину в условиях сева в качественно подготовленную почву.

На базе глубокого рыхления (консервирующий): мульчирование почвы измельченными растительными остатками; обработка верхнего слоя с перемешиванием растительных остатков и безотвальной основной обработкой на глубину 25 - 40 см, сохранение до 70% растительных остатков на поверхности почвы; заделки семян при условии наличия большого количества измельченных растительных остатков на поверхности почвы; дополнительное накопление и сохранение продуктивной влаги в метровом слое.

Для прямого посева культур (No-till): мульчирование поверхности почвы растительными остатками; полное сохранение растительных остатков на поверхности; химическое прополки сорняков; заделки семян на заданную глубину в необработанный грунт с большим количеством растительных остатков на поверхности поля, сохранение продуктивной влаги в корнеобитаемом слое почвы до 100 см.

В системах обработки No-till исследуется действие рабочих органов сельскохозяйственных машин на почву, но практически не рассматривается при каких условиях меняется теплофизическое состояние почвы и поведение влаги в почве [8,9,10,11,14,20]. Также, необходимо учитывать, что тепловой режим и влага в почве формируется под действием двух основных факторов - солнечной радиации, падающей на поверхность, и потоком радиогенного тепла из земных недр. Сезонные и суточные изменения интенсивности солнечной радиации и температуры наружного воздуха вызывают колебания температуры верхних слоев почвы. Глубина проникновения суточных колебаний температуры наружного воздуха и интенсивности солнечной радиации, падающей в зависимости от конкретных почвенно-климатических условий, колеблется в пределах от нескольких десятков сантиметров до полутора метров. Глубина проникновения сезонных колебаний температуры наружного воздуха и интенсивности солнечной радиации, падающей в грунт не превышает 15-20 м. Тепловой режим слоев почвы, расположенных ниже этой глубины («нейтральной зоны»), формируется под воздействием тепловой энергии, поступающей из недр Земли, и практически не зависит от сезонных и суточных изменений параметров наружного климата [18].

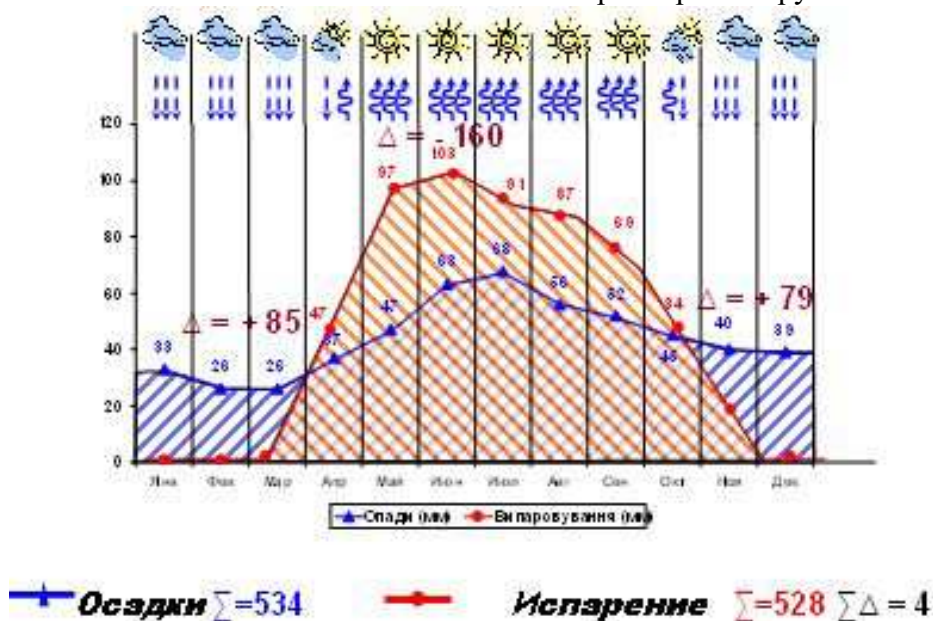


Рис. 1. График осадков и испарения для Днепропетровской области
 Fig. 1. A chart of precipitations and evaporation is for the Dnepropetrovsk area

По результатам наблюдений метеослужб [12] определяются (рис. 1) количество осадков и испарений в течении года по Днепропетров-поскольку для растений нужен $\Sigma\Delta = 100$ мм. С увеличением глубины температура почвы увеличивается согласно геотермическому градиенту (примерно 3°C на каждые 100 м). Величина потока радиогенного тепла, поступающего из земных недр, для разных местностей определяется в диапазоне от 35 Вт/м^2 до 50 Вт/м^2 .

ПОСТАНОВКА ЗАДАНИЯ

Цель работы - обосновать технологию накопления влаги в почвенном профиле в полевых условиях, учитывающую возобновляемые тепловые ресурсы, на основании которой специалист сможет оптимизировать, управлять формированием урожая сельскохозяйственных культур.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

При исследовании теплового режима почвы появляется необходимость в умении прогнозировать и управлять элементами почвенного профиля: распределением температур внутри почвенного массива, скоростью их изменения, факторами, влияющими на их динамику, тепловым потоком, теплоаккумуляцией и формированием влаги в почве. Известно, что влага может попадать в почву двумя путями: летом - снаружи из воздуха, во время дождя, зимой - из глубины почвы, в результате диффузии водяного пара и его конденсации. Дождевая вода должна проникать в почву без помех. Это достигается применением различных технологий обработки. Накопление влаги из воздуха и глубин имеет более сложный характер и связано с понятиями: давление водяного пара, ее диффузия и конденсация [10,13,16].

Как видно из графика (рис.2), максимальное парциальное давление водяного пара, а значит, и количество «лишней» влаги, которую может впитывать в себя воздух, резко уменьшается при снижении температуры. Летом, когда температура на поверхности почвы гораздо выше (до 50°C), чем на глубине, то поток тепла будет направлен от более теплого к холодному, наряду с этим концентрация влаги и тепла направлены в одну сторону. Поэтому водяной

ской области. Очевидно, что разница между осадками и испарением $\Sigma\Delta = 4$ мм, что недостаточно для формирования урожая, пар будет диффундировать в почве с поверхности на глубину. При этом температура пара будет уменьшаться, как при поступлении на глубину почвы, так и при прохождении через неё. Если температура воздуха на поверхности земли станет меньше от значения, при котором количество влаги содержащейся в нем, станет больше, чем он может удерживать, то влага начнет конденсироваться в виде капель на поверхности земли. Но, даже при сухой поверхности земли, летом в почве создаются условия, когда на определенной глубине влага начинает конденсироваться (рис.3).

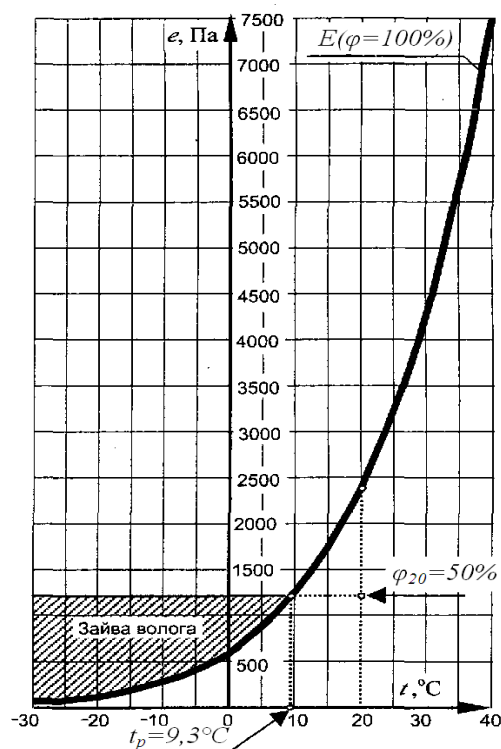


Рис. 2. График зависимости максимального парциального давления водяного пара в воздухе на поверхности земли при нормальном атмосферном давлении

Fig. 2. Chart of dependence of maximal partial pressure of aquatic steam midair on a terrene at normal atmospheric pressure

Оценка возможного количества конденсации пара может выполняться графическим способом. По такому способу сначала строится график распределения температур в

почве t_i . Затем по нему строится график максимальной упругости водяного пара E и наносится линия распределения действительной упругости водяного пара e . Если линии графиков E и e не пересекаются, конденсации влаги не происходит. При пересечении линий E и e конденсация водяного пара на определенной глубине возможна. Зону конденсации, в таком случае, можно определить нанесением касательных к линии максимальной упругости водяного пара E из точек определенных на заданной глубине почвы e_i . Часть между касательными определяет зону конденсации. Количество конденсата может быть определено по разности количества водяного пара поступившего в зону конденсации и на большую глубину.

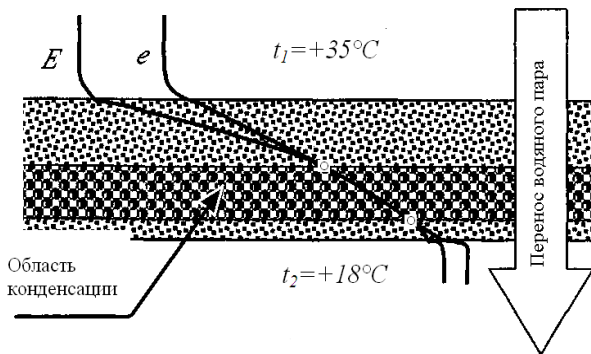


Рис. 3. Схема образования конденсата в почвенном профиле

Fig. 3. A chart of formation of runback is in the layer of soil

Процессом формирования влаги можно управлять с помощью определения температур на поверхности и глубине почвы и принятия решений по способу обработки почв. Прибор для измерения температуры почвы на глубине (рис.4), за счет вдавливания трубки с наконечником (мокрый термометр), состоит из ручки 1, трубки из стали 4, термодатчика, который вмонтирован в медный наконечник 6 с внешним диаметром 10 мм. Наконечник накручивается на трубку из стали 6 с диаметром 6 мм, присоединенную к ручке 1. В ручке вмонтирован воздушный термодатчик 7, блок управления с выключателем 8 источника питания и температурным индикатором 2. Для определения глубины проникновения наконечника используется рулетка 3.

На основании результатов относительной влажности воздуха на поверхности почвы, температуры воздуха t_1 и почвы t_2 строятся графики (рис.4) и проводится анализ, в котором по психрометрической таблице определяется наличие и глубина точки росы. Если температура точки росы $t_{Табл}$ [7, 9, 11] равна или больше температуры почвы t_2 на глубине 100...150 мм, то в почве на глубине 100...150 мм происходит накопление влаги 1...2 мм в сутки. Для получения модели накопления влаги при приблизительных расчетах днем можно использовать зависимость $t_1 / 0,618 \geq t_2$ (золотое сечение). Если температура точки росы $t_{Табл}$ меньше температуры почвы t_2 на глубине 100...150 мм, то в почве на глубине 100...150 мм происходит испарение влаги 1...2 мм в сутки. Для получения модели потери влаги при приблизительных расчетах ночью или в пасмурную погоду можно использовать зависимость $t_1 = t_2$, при этом происходит общее испарение, а при $t_1 / 0,618 \leq t_2$ происходит конденсация (роса) на поверхности почвы.

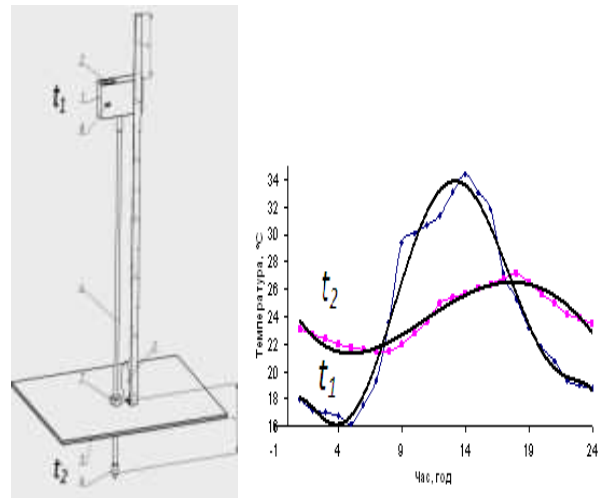


Рис.4. Прибор для измерения температуры почвы на глубине (мокрый термометр) и график зависимости температур в течении суток t_1 на поверхности и t_2 на голубине почвенного профиля

Fig. 4. Device for measuring of temperature of soil on a depth (wet thermometer) and graphic arts of dependence of temperatures during twenty-four hours t_1 on a surface and t_2 on the depth of soil

Ресурсосберегающая технология предусматривает теплоизоляцию растительными остатками. По мере роста урожайности сельскохозяйственных культур увеличивается количество растительных остатков.

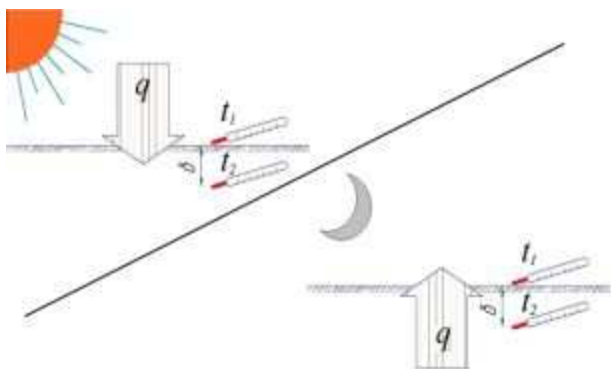


Рис.5. Схема движения тепломассопереноса в почве днем и ночью

Fig. 5. Chart of action of heatmass transfer in soil in the day-time and at night

Из таблицы 1 следует, что при урожайности сельскохозяйственных культур 10 т/га толщина слоя из растительных остатков с плотностью $12,4 \text{ кг/м}^3$ составляет 0,08 м. На сегодняшний день фактическая урожайность сельскохозяйственных культур составляет до 3 т/га. Для образования оптимальных условий процессов накопления влаги необходимо создать на поверхности почвы слой около 0,05 м.

Таблица 1. Зависимость теплоизоляционного слоя от урожайности культур
Table 1. Dependence of heat-insulation layer is on the productivity of cultures

Урожайность, т/га	Толщина слоя из растительных остатков с $\rho = 12,4 \text{ кг/м}^3$, м
2	0,016
4	0,032
6	0,048
8	0,065
10	0,08

Очевидно, что управлением растительными остатками с толщиной 0,016 – 0,032 м обеспечить плановую урожайность сельскохозяйственных культур будет сло-

жно. Поэтому для создания теплоизоляционного слоя на поверхности почвы возникает необходимость применить широко используемый в сельскохозяйственной практике способ поверхностного рыхления почвы с одновременным замешиванием растительных остатков на глубину 0,05–0,08 м. В основе этого технологического приёма лежит изменение плотности в верхних слоях почвы.

Для создания оптимальных накопительных процессов влаги в почвенном слое были проведены исследования толщины теплоизоляции поверхности почвы [8] и результаты приведены на рис. 6.

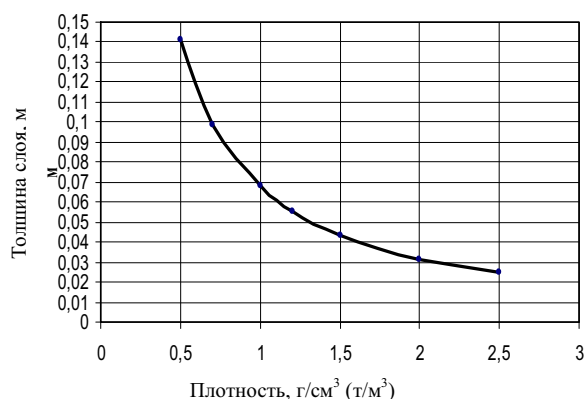


Рис. 6. Зависимость плотности почвы от толщины теплоизоляции

Fig. 6. Dependence of closeness of soil is on the thickness of heat-insulation

Анализ зависимости показывает, что при создании теплоизоляции поверхностного слоя почвы толщиной 0,05 – 0,08 м плотность почвы составит $0,9 – 1,3 \text{ г/см}^3$ (т/м^3). Известно, что при плотности более $1,3 \text{ г/см}^3$ (т/м^3) снижается содержание воздуха, необходимого для нормального функционирования корней растений. Таким образом, применяя поверхностную обработку почвы совместно с растительными остатками, можно активно влиять на теплофизические свойства почвы. Управлять температурным режимом и влагой, а также снижать или повышать величину аккумулированной солнечной радиации при соответствующих оптимальных диапазонах плотностей почвы.

ВЫВОДЫ

С помощью теоретических исследований и приборов для определения теплофизических характеристик почвы можно выполнить:

- определить количество влаги и время её накопления в слое почвы путём измерения градиента температур, плотности, капиллярного потенциала почвы и абсолютной влажности воздуха;

- при теплопереносе с поверхности на глубину почвы (на основании измерения перепада температур), по фактическим условиям на глубине почвы контролируется сформированный слой из конденсированной влаги, который является показателем влаги и удерживает удаление влаги с большей глубины.

- при выполнении сельскохозяйственных операций в поле, для ограничения потерь и накопления влаги, за следом трактора, сельскохозяйственной машины необходимо оставлять теплоизоляционный слой в виде разрыхленной почвы или равномерного слоя пожнивных остатков не менее 0,05 м.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Kholoptsev A. 2012. *Izmeneniya temperatur poverkhnostnykh techeniy teplovogo okeanicheskogo konveyera pri sovremennom potepnenii klimata* // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 14, 1. 104–114.
2. Mel'nychuk M.D. 2011. *Analiz sovremennoho stanu u perspektyv rozvytyya Svitovoi ta ukrajins'koji Sonyachnoji enerhetyky* // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 13 V. 5-12.
3. Oboziv A. Dzh. 2010. *Vidnovlyuvani dzherela enerhiji*. - Bishkek: KDTU, - 224.
4. Hordiyenko V.P. 2008. *Hruntova voloha Symferopol'* : PP «Pidpryemstvo Feniks», - 368.
5. Rode A.A. 1963. *Vodnyy rezhym hruntiv i joho rehulyuvannya* / A.A. Rodi. - M.: Vydavnytstvo AN SRSR, - 120.
6. Kravchuk V.I. 2008. *Naukovo-tekhnichna ekspertyzy tekhniko-tekhnologichnykh RISHEN'* system obrobittu hruntu - K.: Feniks, - 50.
7. Myronov A.S. 2009. *Teploizolyatsiya ta vlahoberehayushchey tekhnologiji v roslinnytstvi* // Visnyk DDAU. - - № 2.36-39.
8. Zolotovs'ka O.V. 2013. *Doslidzhennya teploizolyatsii poverkhni hruntu u tekhnologii*. No-

till Zolotovs'ka , O.S. Myronov // *Tekhnika i tekhnologii APK*. - - № 2 (41). 37 - 40.

9. Myronov A.S. 2011. *Otsinka tekhnologiy v APK za pomoshch'yu vyznachennya teplofizichnoho stanu hruntu* // *Tekhnika i tekhnologii APK*. - № 11. 36 - 40.

10. Zolotovs'ka O.V. 2013. *Analiz protsesa Formuvannya voloha ta teplofizychnykh kharakterystyk u hrunti* / O.V. Zolotovs'ka // *Visnyk KHNTU im. P. Vasylenka*. № 134. 160 - 166.

11. Zolotovskyy YE.V. 2012. *Model' kil'kisnoji volohy pry zminyuyut'sya teplofizychnykh parametrakh hruntu* // *Mekhanizatsiya ta elektryfikatsiya sil's'koho hospodarstva*. - № 96. 645-653.

12. Myronov A.S. 2005. *Pro pohodu: Astroprohnoz fermeru*. - Dnipropetrovs'k: TOV «Porohy», - 135.

13. Mironov O.S. 2011. *Teplo tekhnika : navch. posibnyk*. - Dnipropetrovs'k: Porohy, . - 404.

14. Zolotovskyy YE.V. 2012. *Teoreticheskie doslidzhennya intensyvnosti teplo masoob-minu v hruntovomu profili* // *Visnyk DDAU*. - № 2. 110 - 114 .

15. Michurin B.M. 1975. *Yenerhetika hruntovoji volohy* - L. : Hydrometeoyzdat, - 140.

16. Shejin YE.V. 2007. *Kurs fizyky hruntiv* - M. : Hryf i K, - 616.

17. Medvedev V.V. 2008. *Struktura pochvy* / V.V Medvedev. - Khar'kov, – 350.

18. Karpachevskiy L.O. 1997. *Dinamika svoystv pochvy* - GEOS, - 155.

19. Paul' YA. 2000. *Sistemy obrabotki pochvy / YA. // Sistemy sberegayushchego zemledeliya i vzdelyvaniya kul'tur*, 10 – 13.

20. Dzhon S. 2000. *Rabota s pozhnivnymi ostatkami vo vremya uborki urozhaya* // *Sistemy sberegayushchego zemledeliya i vzdelyvaniya kul'tur*, 34 – 37.

TECHNOLOGY OF RESURSOZBERIGAYUCHEGO ACCUMULATION OF MOISTURE IS IN THE FIELD TERMS

Summary. In the article the resulted results of researches of accumulation of moisture. Got model of accumulation of moisture: there is determination of temperatures on-the-spot and depth of soil, closeness, capillary potential of soil and absolute humidity of air, thickness of

teplyzolyacyynogo layer. The use of the offered technology will allow to optimize, to manage forming of harvest of agricultural cultures.

Key words: moisture, temperature, soil, condensation, resursozberigayucha technology

ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОТОПЛИВ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

Савелий Кухарец, Геннадий Голуб, Семен Драгнев

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

г. Киев, ул. Героев Обороны 15

Saveliy Kukharets, Gennadiy Golub, Semen Drahniev

National university of life and environmental sciences of Ukraine

Аннотация. В статье представлен алгоритм регулирования использования органических ресурсов для производства биотоплива. Выполнение такого алгоритма позволяет определить доступный потенциал органического сырья и установить направления конверсии органического сырья.

Ключевые слова: биотоплива, алгоритм, производство, сырье, использование

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Решение задач связанных с продовольственной, энергетической и экологической проблемами в аграрном производстве невозможно без эффективного сбалансирования потребностей в производстве продукции для удовлетворения пищевых, сырьевых, энергетических потребностей общества и возможностей агроэкосистемы.

Кроме того, производство и использование биотоплива в сельском хозяйстве требует четкого согласования потенциала органического сырья, материально-технической базы производства и потребностей смежных отраслей.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Каждое мероприятие, которое предлагается для реализации в агроэкосистемах должно быть направлено на поддержание плодородия почвы, а по возможности способствовать расширенному воспроизводству плодородия почв. Это имеет непосредственное отношение и к производству и использованию биотоплив. В связи с этим, серьезной научной проблемой является определение объемов растительной биомассы, которая может быть задействована на тепловые потребности без ущерба для воспроизводства плодородия почв. Кроме того, важное влияние на сохранение плодородия почв имеют технологии их возделывания, выращивания

и сбора, соответствующих сельскохозяйственных культур и параметры техники, которая при этом применяется.

Баланс гумуса в севообороте определяется как разница между количеством минерализованного гумуса и его поступлением за счет гумификации корневых остатков, пожнивных остатков, биомассы сорняков и сидератов, а также внесенного подстилочного навоза и других органических веществ. Исходными параметрами (данными) для расчета баланса гумуса в севообороте является комплекс статистических, агрономических и агрозоотехнических показателей. Среди них минерализация гумуса культурами севооборота, выход сухой массы корневых остатков и сухой биомассы полевых культур зависят от урожайности полевых культур и согласно литературных источников изменяются в широких пределах [1]. Это позволяет разработать лишь приближенный алгоритм расчета баланса гумуса.

Установлено, что биоконверсия органического сырья с производством биотоплива позволяет обеспечить автономность агроэкосистемы лишь частично [1, 2]. Кроме того, при использовании биотоплива остро стоит вопрос сохранения плодородия почв и обеспечения отрасли животноводства [3]. В то же время совершенствование технического и технологического обеспечения производства и использования биотоплива в сельском хозяйстве требует решения ряда научных и технических задач направленных на дальнейшее развитие отрасли биотоплив [4,5,6].

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Создание детерминированной модели функционирования агроэкосистемы, которая должна предусматривать максимизацию и согласование уровней энергообеспечения (за счет собственных ресурсов) и экономической эффективности, с воспроизведением

плодородия почв за счет поддержания положительного баланса гумуса.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Технико-технологические мероприятия, выполняемые в сельском хозяйстве, также должны быть согласованы с потребностями смежных отраслей аграрного производства, поддерживать баланс гумуса почвенной среды и способствовать воспроизводству плодородия почв. Поэтому, прежде всего, необходимо определение объемов растительной биомассы, которая может быть подвержена конверсии с производством и использованием биотоплив.

Общая модель функционирования агроэкосистемы (рис. 1) включает в себя основные области сельскохозяйственного производства: животноводство и растениеводство, вспомогательные – переработка сельскохозяйственной продукции. Кроме того, в составе агроэкосистемы необходимо рассматривать производство биотоплив, как отдельное направление [7,8,9,10,11].

Также, мы предлагаем меры направленные на восстановление органических веществ в почве выделить в отдельную систему – поддержания баланса гумуса. В данную систему необходимо включить специальные приемы обработки – например, заделки растительных остатков на определенную глубину для повышения эффективности использования питательных веществ сельскохозяйственными растениями [12]. Предлагаемая система, также, должна обеспечивать производство компостов и внесения сброженного навоза [4].

Внедрение такой системы позволит установить необходимые технологически конструкционные параметры сельскохозяйственных машин, направленные на повышение эффективности восстановления гумуса в почвенной среде.

На основании структурной схемы функционирования агроэкосистемы разработаны модели функционирования агроэкосистемы с производством продукции и энергии, использованием биотоплив и восстановлением питательных веществ в почве (рис. 2, 3, 4).

Рассмотрим состав типовой агро-экосистемы. Такая система предусматривает выращивание культур в соответствующем се-

вообороте [13, 14]; производство основной продукции растениеводства и животноводства, кормов для животноводства и птицеводства, тепла и энергии из биогаза, полученного в результате сбраживания продуктов жизнедеятельности животных и птицы, подготовку и использование некоторой доли незерновой части урожая на тепловые потребности посредством генераторного газа, пеллет [15], брикетов, тюков или сечки; производство компоста, с использованием биологической конверсии органического сырья, производство жидких биотоплив – дизельного биотоплива и биоэтанола [16,17].

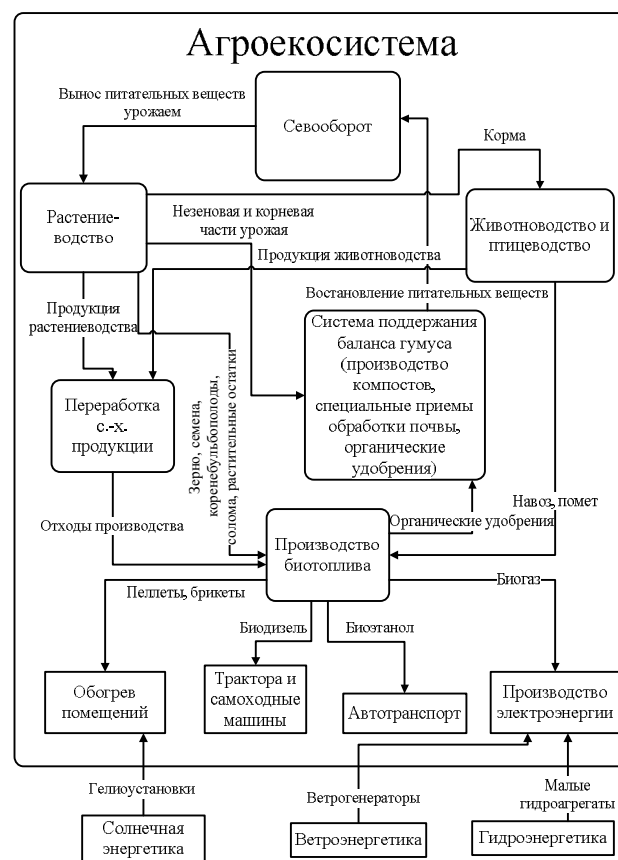


Рис.1. Структурная схема функционирования агроэкосистемы

Fig.1. Block diagram of the operation agroecosystem

Исходя, из эколого-экономического эффекта можно оценить потенциал доступного органического сырья и выбрать рациональные пути его конверсии в биотопливо. Создание алгоритма производства и использования биотоплива предусматривает разработку программы принятия решений, которая построена на последовательности определен-

ных действий с целью получения желаемого результата. Алгоритм управленческих действий по регулированию как процессов конверсии растительной биомассы сельскохозяйственного происхождения, так и возможного количества органического сырья для конверсии в энергоресурс можно представить в виде двух подсистем. Первая из которых направлена на формирование решений относительно количества растительной биомассы сельскохозяйственного происхождения, которую в дальнейшем будут использоваться в процессе конверсии. Вторая – это формирование решений по способам конверсии органического сырья. Первую подсистему условно назовем «потенциал органического сырья», а вторую – «способы производства и использования биотоплива».

Выполнение такого алгоритма позволяет осуществлять регулирование процесса конверсии сырья сельскохозяйственного происхождения с целью максимизации экономического эффекта и улучшения экологических параметров производственной деятельности, а именно – сохранение баланса гумуса.

Необходимо организовать взаимосвязи между подсистемами «потенциал органического сырья» и «способы производства и использования биотоплива», которые позволят корректировать необходимое количество органического сырья, используемого в процессе конверсии, в зависимости от ситуации на рынке биоэнергоресурсов. Это также позволит верно, принять решение о способе конверсии в зависимости от количества полученного органического сырья. Графически предлагаемый алгоритм представлен на рис. 2.

Для первой подсистемы на этапе анализа потенциала возможной растительной биомассы сельскохозяйственного происхождения для конверсии оценивается: наличие ресурсно-технического, сырьевого потенциала; потребности органического сырья в отраслях растениеводства и животноводства.

На этапе принятия решений о возможности конверсии органического сырья оценке подлежат: выделение площадей на выращивание органического сырья, внедрение технологий, новой техники, новых агротехнических приемов, решения о части органического

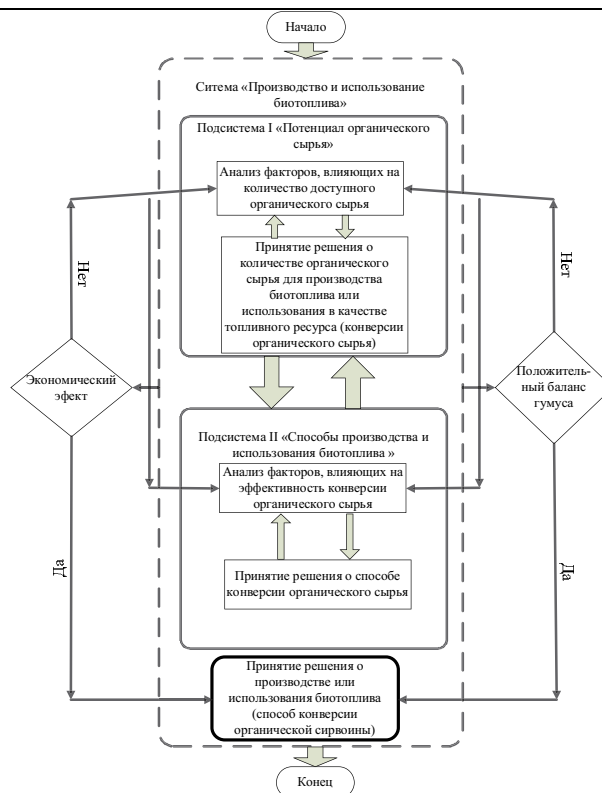


Рис. 2. Алгоритм регулирования использования органических ресурсов при производстве биотоплива

Fig. 2. Algorithm for management of organic resources in the production of biofuels

го сырья для собственных нужд и части для конверсии в энергоресурсы (рис. 3).

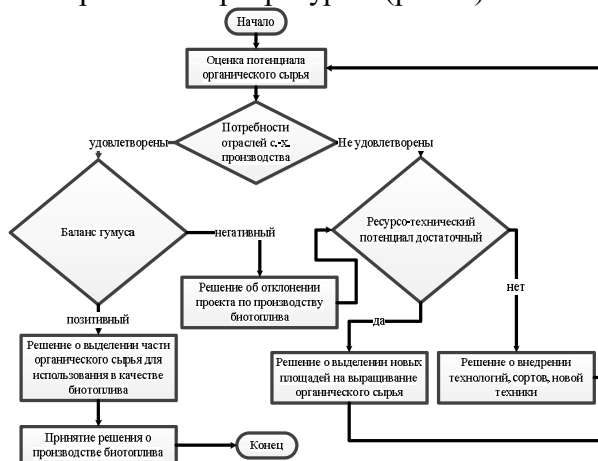


Рис.3. Алгоритм принятия решения о возможности производства биотоплива

Fig.3. Algorithm for deciding on the possibility of producing biofuels

Если потенциал органической биомассы не удовлетворяет потребности хозяйства, то принимается решение об отклонении от реализации проекта по конверсии. Рассматрива-

ется решение о возможности улучшения сырьевого, технического потенциала для осуществления процесса конверсии в будущем. К мерам улучшения сырьевого потенциала, например зерновых культур, можно отнести организационно-технологические мероприятия выращивания зерновых культур, которые включают в себя: организацию структуры посевных площадей, севооборота, обработку почвы, удобрения, агротехнические сроки. Такие меры направлены в первую очередь на максимизацию потенциала сельскохозяйственных растений и, как следствие, получение высоких урожаев [18,19,20].

Если проведенная оценка потенциала органического сырья для конверсии удовлетворяет потребности предприятия, переходим к осуществлению второго шага – принятие решения о возможности конверсии. Принимается решение о части органического сырья для собственных нужд, части для конверсии в энергоресурсы с учетом возможного экономического и экологического эффекта. Если часть органического сырья для собственных хозяйственных нужд меньше установленных норм или не удовлетворяет соблюдение баланса гумуса, предприятие должно отказаться от выделения части для энергоресурсов, несмотря на экономические преимущества. В случае удовлетворения собственных потребностей органического сырья, соблюдение баланса гумуса и имеющейся части для возможного использования в качестве энергоресурса осуществляется переход ко второй подсистеме алгоритма действий относительно вида конверсии органического сырья.

Для второй подсистемы на этапе анализа осуществляется оценка: способов конверсии, их экономических и технологических показателей; рынка биотоплива; эффективности использования биоресурсов для собственных нужд. На втором шаге предполагается принятие решений по выбору вида процесса конверсии и способа реализации биотоплива собственного производства (рис. 4).

Таким образом, очевидна необходимость регулирования использования органического сырья для производства биотоплива в условиях аграрного предприятия. Так, как необходимо сбалансирование потребностей в

производстве продукции, для удовлетворения пищевых, сырьевых, энергетических потребностей общества и возможностей агроэкосистемы.

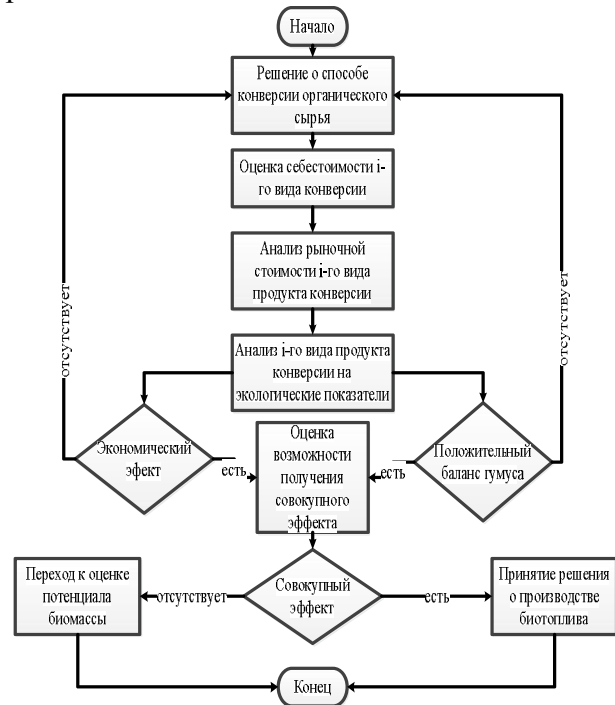


Рис.4. Алгоритм принятия решения о способе производства биотоплива
Fig. 4. Algorithm for deciding on method of production of biofuels

Для определения потенциала доступного для энергопотребления органического сырья следует соблюдать определенные условия (1, 2), которые должны учитывать соблюдение положительного баланса гумуса:

$$\begin{aligned}
 БГ = & \sum_{i=1}^n s_i u_i (k_{xp}^{iz} k_{xp}^{ie} + k_{mn}^{iz} k_{mn}^{ie}) + \\
 & + k_{ze} k_{by} \sum_{j=1}^m N_j T_j (m_e^j + m_a^j + m_n^j) + \\
 & + k_{ze} \left(\sum_{i=1}^n s_i u_i k_{zc}^i + k_{zc} \sum_{j=1}^m N_j T_j (m_e^j + m_a^j + m_n^j) \right) + \quad (1)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & + s_e u_c k_{zc} - \sum_{i=1}^n k_m^i s_i u_i \geq 0, \\
 CE = & \sum_{i=1}^n s_i u_i \left(k_{mn}^i - (k_m^{ie} + k_c^i) - \sum_{j=1}^m N_j T_j m_n^j \right) \rightarrow \max, \quad (2)
 \end{aligned}$$

где: БГ – баланс гумуса севооборота, кг;
 n – количество культур в севообороте;
 s_i – площадь, выделенная под выращивание i -й культуры, га;

u_i – урожайность i -й культуры, ц/га;

$k_{кр}^{ic}, k_{mn}^{ic}$ – коэффициенты гумификации корневых остатков и побочной продукции i -й культуры;

$k_{кр}^{ie}, k_{mn}^{ie}$ – коэффициенты, учитывающие объем корневой системы и побочной продукции, которая остается на поле после уборки i -й культуры;

$k_{сз}$ – коэффициент гумификации сброженного навоза;

$k_{бг}$ – коэффициент использования навоза в биогазовых установках (коэффициент сбраживания навоза);

m – количество групп животных, которые получают корма из севооборота;

N_j – поголовья животных и птицы j -го вида;

T_j – стойловый период поголовья животных и птицы j -го вида, суток;

m_e^j – масса экскрементов j -го вида животных и птицы, кг/голову в сутки;

m_s^j – масса влаги, которая поступает в экскременты j -го вида животных и птицы, кг/голову в сутки;

m_n^j – масса подстилки для j -го вида животных и птицы, кг/голову в сутки;

$k_{кз}$ – коэффициент гумификации компостов;

k_k^i – коэффициент поступления побочной продукции на компостирование;

$k_{сн}$ – коэффициент поступления навоза на компостирование;

s_c – площадь, выделенная под сидераты, га;

u_c – урожайность сидератов, ц/га;

$k_{сг}$ – коэффициент гумификации сидератов;

k_m^i – коэффициент минерализации гумуса i -й культурой;

CE – выход из севооборота биомассы (соломы) пригодной для энергетических потребностей, кг;

k_m^i – коэффициент выхода побочной продукции i -й культуры.

По показателям, характеризующим сельскохозяйственное производство в последние годы, было рассчитано предельные объемы растительной биомассы (соломы), которую можно использовать на тепловые потребности. Эта зависимость, определенная в процентах к общему количеству, например соломы, имеет следующий вид:

$$CE\% = -0,6D + 40 \quad (3)$$

где: D – годовой дефицит гумуса, кг/га.

Следует отметить, что при общем дефиците гумуса больше чем 67 кг/га, использование соломы на тепловые потребности невозможно из-за несоблюдения условия положительного баланса гумуса. Предельный объем соломы, которую можно использовать на тепловые потребности, при нулевом балансе гумуса, составляет около 40%.

ВЫВОДЫ

Очевидна необходимость установления взаимосвязей, позволяющие регулировать использование органического сырья для производства биотоплива в условиях аграрного предприятия.

Поддержание баланса гумуса в почвах является определяющим фактором при использовании побочной продукции растениеводства на энергетические нужды. В то же время количество побочной продукции, которую можно использовать на энергетические нужды, обратно пропорционально дефициту гумуса в почвах севооборота. Так, увеличение дефицита гумуса на 10 кг / га вызывает необходимость уменьшения использования сырья на энергетические потребности на величину до 5%. Следовательно, необходимо четкое определение приемлемых значений показателей для расчета или методики определения баланса гумуса для получения адекватных выводов о возможности использования сырья сельскохозяйственного происхождения в качестве биотоплива.

Для соблюдения положительного баланса гумуса и получения экономического эффекта от использования органического сырья для энергетических потребностей необходимо решение инженерных проблем производства и использования биотоплива. Следует накапливать практический опыт, научные разработки и закономерности для определения

рациональных конструктивно-технологических параметров машин и оборудования. Это позволит повысить уровень энергетической автономности агроэкосистем, согласовать и формализовать взаимосвязи между смежными отраслями аграрного производства, по использованию органического сырья.

Дальнейшее повышение уровня энергетической автономности агроэкосистем требует минимизации удельной энерго-емкости машин и оборудования, используемых при производстве, переработке и биоконверсии органического сырья, с учетом качественных показателей.

Кроме того, уместно привлечение внешних возобновляемых источников энергии: солнечных коллекторов и ветро-энергостанций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Golub G.A. 2010. Problemy vykorystannya solomy v yakosti paliva // Visnyk agrarnoy nauki. — № 8. 49-52.
- Golub G.A. 2010. Energetichna avtonomnist // Visnyk agrarnoy nauki. — № 3. 50-54.
- Kukharets V.V. 2011. Virobnitstvo tverdogo biopaliva v umovakh silskogospodarskogo virobnitstva // Zb. nauk. pr. PDATU. Spec. vip. do V nauk.-prakt. conf. «Suchasny problem zbalansovanogo prirodozhanuvannya». 59-163.
- Golub G.A. 2011. Problemi techniko-technologichnogo zabezpechennya energetichnoy avtonomnosti agroecosystem // Zb. nauk. pr. Vinnickogonac. agrar. un-tu. Sek.: Technichnynauky. — Vyp. 7. 59-66.
- Golub G.A. 2011. Optimizaciya parametriv mashin ta obladnannya // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 13B. 15-19.
- Cherevko G. 2006. Alternativna energetika agropromislovogo kompleksu Ukrainy // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 8A. 106-116.
- Alternativna energetika: navch. posib. / [M.D. Melnichuk, V.O. Dubrovin, V.G. Mironenko ta in.]. – K.: «Agrar Media Group», 2012. – 244.
- Kukharets S.M. 2012. Algoritm rozpodilu organichnyh resursiv u agroecosystemah // Zb. nauk. pr. Vinnickogo nac. agrar. un-tu. Sek.: Technichnynauky. — Vyp. 10. – T. 1. 61-66.
- Biopaliva: Technology, mashyny, obladnannya [V.O. Dubrovin, M.O. Korchemniy, I.P. Maslota in.]. – K.: CTI «Energetika I elektrificaciya», 2004. – 256.
- Bioenergetika: mirovoy opyt i prognozy razvitiya / [L.S. Orsyk, N.T. Sorokin, V.F. Fedorenko dr.]. – M.: FGIU «Rosinformagrotech», 2008. – 404.
- Novitny tehnologii biokonversii: Monografiya [Y.B. Blum, G.G. Geletuha, I.P. Grigoruktain.]. – K.: «Agrar Media Group», 2010. – 326.
- Kukharets S.M. 2003. Resultaty viprobuvan rotaciynih robochyh organiv z giperbolichnimy nozhamy-lopatiamy // Migvydomch. temat. nauk. zb. Mechanizaciya ta elektrificaciya silskogo gospodarstva. – Glevaha, – Vyp. 87. 82-88.
- Sivozmyny u zemlerobstvy Ukrainy / zaredakcieu V.F. Sayka, P.I. Boyka. – K.: Agrarna nauka, 2002. – 147.
- Osnovy zemlerobstva: pidruchnyk / [O.F. Smaglyi, M.F. Rybak, E.M. Dankevychta in.]; za red. O.F. Smaglyi. – Zhitomir: VidvoVDNZ «Derg. agroecol. un-t», 2008. – 514.
- Sarana V.V. 2010. Bagatocriterialna ocinka suchasnogo obladnannya dlya vigotovlennya palivnyh granu I briketiv z vidhodiv pererobki silskogospodarskih kultur I dereviny // Naukoviy visnyk Nacionalnogo universitetu bioresursiv I prirodozhanuvannya Ukrainy. Seriyatehnika ta energetika APK. — Byp. 144, ch. 3. 190-197.
- Kaletnyk G.M. 2008. Rozvitok rinku biopaliv v Ukrainy: monografiya – K.: Agrar. nauka, – 464.
- Kaletnyk G.M. 2008. Formuvannya rinku biosiroviny dlya virobnitstva biopaliva / Visn. agrar. nauky. – № 7, 64-66.
- Kukharets S.M. 2012. Algoritm rozpodilu organichnyh resursiv u agroecosystemah. / Zb. nauk. pr. Vinnickogonac. agrar. un-tu. Sek.: Technichnynauky. — Vyp. 10. – T. 1, 61-66.
- Kukharets V.V. 2012. Formuvannya strategiy upravlinny aconversiy I biosiroviny u silskogospodarskih pidpriemstvah / Zb. nauk. pr. Vinnickogo nac. agrar. un-tu. Sek.: Economichny nauky. – Vyp. 1. – T. 1, 87-91.
- Shpychak O.M. 2009. Economichny problem virobnitstv abiopaliva ta prodovolcha bezpeka Ukrainy / Ekonomika APK. – № 8, 11-19.

SUPPLY OF RATIONAL USAGE OF RAW MATERIALS FOR BIOFUELS PRODUCTION IN AGRICULTURE

Summary. The article presents the regulating algorithm of the organic resources usage for the biofuel production. The application of such al-

gorithm makes it possible to determine the available potential of organic raw materials and to specify the directions for the organic raw material conversion.

Key words: biofuels, algorithm, production, raw materials, use.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РАБОТЫ ПРИВОДА ДООЧИСТИТЕЛЯ БОТВЫ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОМПОНОВКИ ПРИВОДА.

Андрей Гунько

*Винницкий национальный аграрный университет
г. Винница, ул. Слнечная 3*

A. Hunko

Vinnitsa national agricultural university

Аннотация. Рассматривается математическая модель гидравлической системы доочистителя ботвы сахарной свеклы с четырьмя последовательно соединенными гидромоторами. Выполнено моделирование и проведен анализ четырех вариантов компоновок привода доочистителя головок сахарной свеклы.

Ключевые слова: гидравлическая система, доочиститель ботвы, последовательное соединение гидромоторов.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Производство сахара является одним из наиболее значимых экономических и социальных факторов для агропромышленного комплекса Украины.

Для Винницкой области производство сахара – одна из самых важных статей прибыли, поэтому повышение качества возделывания, хранения и переработки сахарной свеклы с каждым годом приобретает все большую актуальность в связи моральным старением существующего оборудования и возникновением новых технологий возделывания и переработки данной культуры. Парк действующей техники для уборки данной культуры довольно изношен и нуждается в обновлении и усовершенствовании. Закупка новой техники заграничного производства частично может решить данную проблему, но из-за значительной стоимости и отсутствия свободных средств у отечественных сельскохозяйственных производителей является нереальной, поэтому есть необходимость в разработке ряда мер по усовершенствованию и переоборудованию существующей техники, которая позволит улучшить эффективность и качество работы данной техники при минимальных расходах средств. Следовательно, вопрос разработки и конс-

труирования гидравлических систем данного типа является актуальным.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Комплексы свеклоуборочных машин, которые производятся в Украине, могут работать по двухфазной или трехфазной технологии уборки сахарной свеклы. Технологические операции распределяются таким образом: собирание ботвы машинами, которые оборудованы ботворежущими аппаратами; доочистка головок корнеплодов от остатков ботвы на корне; выкапывание корнеплодов из грунта, их транспортировка и очищение от грунтовых примесей, загрузка в транспортные средства. При поточно-перевалочном образе собирания свеклы загрузки корнеплодов из кагатов осуществляется свеклопогрузчиками-очистителями типа СПС-4,2А.

К преимуществам ботвоуборочных машин, которые работают по двухфазной технологии, можно отнести высокие показатели качества собирания ботвы, их конструктивную простоту, невысокую металлоемкость и др. Обусловлено это тем, что первая стадия не требует точного копирования головок корнеплодов, однако в дальнейшем, после первой стадии срезания ботвы, значительно улучшаются условия для более точного копирования головок корнеплодов и их дальнейшего доочистки, что особенно важно при очень развитой ботве.

Рабочие органы машин для удаления ботвы с корнеплодов сахарной свеклы делятся на два вида – срезающие лезвием и отбивающие, которые счесывает ботву и ее черенки.

При срезании ботвы с головки корнеплода происходит обычный процесс работы лезвия, но конструктивные и кинематические пара-

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РАБОТЫ ПРИВОДА ДООЧИСТИТЕЛЯ БОТВЫ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОМПОНОВКИ ПРИВОДА.

метры этого процесса могут быть самыми разными.

Удаление ботвы с головок корнеплодов методом отбивания является результатом механического действия на корнеплод рабочих органов. Удаление ботвы с головок сахарной свеклы методом удара нашло широкое применение прежде всего в конструкциях доочистителей головок корнеплодов, которые осуществляют окончательную очистку головок корнеплодов от примесей. Рабочие органы доочистителей, работающих по методу отбивания, как правило приводятся в движение с помощью механического привода.

Известен ряд конструкций доочистителей с вертикальной осью вращения, которые обеспечивают более высокий уровень очистки корнеплодов, но использование механического привода ограничивает конструктивно – компоновочные решения приводов рабочих органов доочистителей ботвы машин ботвоуборочных машин.

В связи с этим для привода рабочих органов доочистителей ботвы с вертикальной осью вращения предлагается использовать гидравлический привод, использование которого создает благоприятные условия для проектирования приводов рабочих органов доочистителей ботвы сахарной свеклы и позволяет реализовать дополнительные колебания рабочих органов в горизонтальной плоскости, что позволяет компенсировать отклонение головок корнеплодов от условной средней линии рядка.

Исследованием динамических процессов в гидравлических системах, разработкой математических моделей и методики проектирования подобных приводов занимались такие ученые как Хохлов В.А., Попов Д.Н., Немировский И.А., Середа Л.П. и многие другие [3,5,11].

ПОСТАНОВКА ЗАДАНИЯ

Используя приведенные в работах [3,5,11] результаты и методики расчетов необходимо создать математическую модель работы привода доочистителей ботвы сахарной свеклы с целью исследования устойчивости и качества работы данной системы. На основании проведенных исследований необходимо раз-

работать рекомендации по проектированию данных приводов.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Расчетная схема гидропривода доочистителя ботвы представлена на рис. 1.

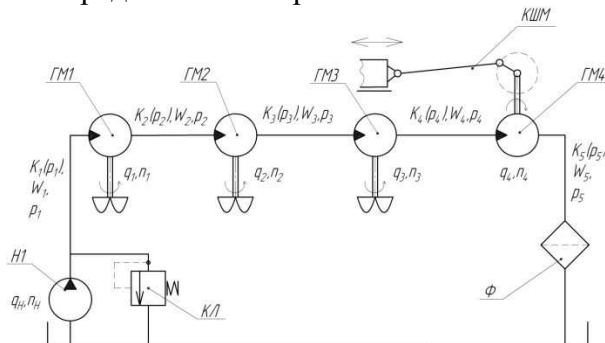


Рис. 1. Расчетная схема гидропривода доочистителя ботвы ботвоуборочной машины
Fig. 1. The hydraulic circuit of purifier beet tops in haulm gatherer

Гидравлическая схема привода доочистителей ботвы сахарной свеклы показана на рисунке 1. Гидравлическая система привода доочистителя состоит из насоса Н1, предохранительного клапана КЛ, четырех гидромоторов ГМ1, ..., ГМ4, первые три из которых приводят в движение рабочие органы машин, а четвертый выполняет передачу крутящего момента на кривошип кривошипно-шатунного механизма привода рамки.

При составлении математической модели с учетом результатов предыдущих исследований были приняты такие предположения [3]:

- плотность, вязкость и коэффициент расходов рабочей жидкости не зависят от температуры потому - что система работает в устойчивом температурном режиме;
- не учитываются потери давления во внутренних каналах системы и на внешних клапанах, как такие, что обычно имеют незначительную величину;
- давление подпора на сливе незначительно и практически неизменно;
- коэффициент утечек и перетечек жидкости в гидроагрегатах постоянный и не зависит от размеров и формы щелей;
- расстояние между элементами гидросистемы незначительное, что позволяет

рассматривать ее как систему с сосредоточенными параметрами и не рассматривать влияние волновых процессов;

- пульсация подачи насоса с учетом ее значительной частоты не вызывает возбуждения колебаний давления в гидросистеме;

Математическая модель усовершенствованного привода доочистителя ботвы ботвоуборочной машины включает следующие уравнения:

1. Расходы жидкости в магистральных, которые соединяют насосную станцию и гидромоторы, друг с другом, согласно принятым предположениям, могут быть описанными моделью с сосредоточенными параметрами, которая в данном случае представляет собой уравнение неразрывности потока.

Уравнение неразрывности потока рабочей жидкости на входе первого гидромотора имеет вид:

$$Q_H = Q_{M1} + Q_{\text{вум.1}} + Q_{\text{пер.12}} + Q_{\text{деф.1}}, \quad (1)$$

где: Q_H – расход жидкости, который поступает в гидравлическую систему от насоса; Q_{M1} – расход жидкости через первый гидромотор; $Q_{\text{вум.1}}$ – расход утечек жидкости из гидромотора ГМ1 благодаря наличию перепада давлений $p_1 - p_2$; $Q_{\text{пер.1}}$ – расход на перетечки жидкости в гидромоторе ГМ1 под действием перепада давлений p_1 и p_2 ; $Q_{\text{деф.1}}$ – расход жидкости на компенсацию деформации полостей, которые находятся под давлением p_1 .

Уравнение неразрывности потока рабочей жидкости на входе второго гидромотора имеет вид:

$$Q_{M1} + Q_{\text{пер.12}} = Q_{M2} + Q_{\text{вум.2}} + Q_{\text{пер.2,3}} + Q_{\text{деф.2}}, \quad (2)$$

где: Q_{M2} – расход жидкости через первый гидромотор; $Q_{\text{вум.2}}$ – расход утечек жидкости из гидромотора ГМ2 благодаря наличию перепада давлений $p_2 - p_3$; $Q_{\text{пер.2,3}}$ – расход на перетечки жидкости в гидромоторе ГМ2 под действием перепада давлений p_2 и p_3 ; $Q_{\text{деф.2}}$ – расход жидкости на компенсацию деформации полостей, которые находятся под давлением p_2 .

Уравнение неразрывности потока рабочей жидкости на входе третьего гидромотора имеет вид:

$$Q_{M2} + Q_{\text{пер.23}} = Q_{M3} + Q_{\text{вум.3}} + Q_{\text{пер.34}} + Q_{\text{деф.3}}, \quad (3)$$

где: Q_{M3} – расход жидкости через третий гидромотор; $Q_{\text{вум.3}}$ – расход утечек жидкости из гидромотора ГМ3 благодаря наличию перепада давления $p_3 - p_4$; $Q_{\text{пер.3,4}}$ – расход на перетечки жидкости в гидромоторе ГМ3 под действием перепада давлений p_3 и p_4 ; $Q_{\text{деф.2}}$ – расход жидкости на компенсацию деформации полостей, которая находится под давлением p_3 .

Уравнение неразрывности потока рабочей жидкости на входе четвертого гидромотора имеет вид:

$$Q_{M3} + Q_{\text{пер.34}} = Q_{M4} + Q_{\text{вум.4}} + Q_{\text{пер.45}} + Q_{\text{деф.4}}, \quad (4)$$

где: Q_{M4} – расход жидкости через четвертый гидромотор; $Q_{\text{вум.4}}$ – расход утечек жидкости из гидромотора ГМ4 благодаря наличию перепада давления $p_4 - p_5$; $Q_{\text{пер.4,5}}$ – расход на перетечки жидкости в гидромоторе ГМ4 под действием перепада давлений p_4 и p_5 ; $Q_{\text{деф.4}}$ – расход жидкости на компенсацию деформации полостей, которые находятся под давлением p_4 .

Фактическая подача нерегулируемого насоса определяется согласно выражению:

$$Q_n = q_n \cdot n_n \cdot \eta_{об}, \quad (5)$$

где: q_n – рабочий объем насоса; n_n – частота вращения вала насоса; $\eta_{об}$ – объемный КПД насоса.

Расходы, которые потребляются гидромоторами, определяются по выражению

$$Q_{mi} = q_{mi}(\phi_i) \cdot d\phi_i / dt, \quad i=1..4; \quad (6)$$

где: $q_{mi}(\phi_i)$ – характерный объем i -ого гидромотора; $d\phi_i / dt$ – угловая скорость вращения вала i -ого гидромотора.

Потери на утечки через зазоры, которые рассчитываются как расход жидкости через плоскую щель, при принятых допущениях:

- форма поверхностей, образующих канал утечек, совершенная;
- шероховатость поверхностей не учитывается;
- зазор симметричный.

В этом случае расход рабочей жидкости через поперечное сечение зазора определяется зависимостью:

$$Q_{\text{sum},i} = \sigma_i \cdot p_i, \quad i=1..4; \quad (7)$$

где: σ_i - коэффициенты утечек жидкости из i -ой полости, которая находится под действием давления p_i соответственно.

Перетечки в гидроагрегатах из камеры высокого давления в камеру низкого давления из-за негерметичности камер гидроагрегатов определяются по следующей зависимости в случае шестеренных гидромашин:

$$Q_{\text{пер},i,i+1} = \sigma_{\text{пер},i,i+1} \cdot (p_1 - p_2), \quad i=1..4; \quad (8)$$

где: $\sigma_{\text{пер},i,i+1}$ - коэффициенты перетечек жидкости между камерами i -ого гидромотора соответственно с камеры высокой давления в камеру низкой давления.

Расходы, которые возникают при деформации объемов полостей гидропривода, заполненных рабочей жидкостью, определяется зависимостями:

$$Q_{\text{деф},i} = K_i(p_i) \cdot W_i \cdot dp_i/dt, \quad i=1..4, \quad (9)$$

где: $K_i(p_i)$ - коэффициенты податливости соответствующих магистралей и полостей данной гидросистемы; W_i - объем i -ой магистрали.

Изучением зависимости коэффициента податливости от давления $K_i(p_i)$ занимались много исследователей как экспериментально, так и теоретически. В результате проведенных ими исследований получена формула для расчетов коэффициента податливости, которая учитывает суммарную деформацию рабочей жидкости, как газожидкостной смеси при изотермическом сжатии, и трубопровода (полости):

$$K_i(p_i) = 1 / (E_{\text{см}}(p_i) + C_{\text{ом}}, \quad i=1..4, \quad (10)$$

где: $C_{\text{ом}}$ - объемная жесткость полости, по которой проходит рабочая жидкость; $E_{\text{см}}$ - модуль упругости газожидкостной смеси.

2. Баланс моментов сил, приложенных к валам первого, второго и третьего гидромоторов, определяется уравнениями моментов сил, приложенных к валам гидромоторов:

$$M_{\text{дв},i} = M_{\text{мн},i} + M_{\text{ин},i} + M_{\text{мп},i}, \quad i=1..3, \quad (11)$$

где: $M_{\text{дв},i}$ - момент, который развивается i -ым гидромотором, $i=1..3$; $M_{\text{мн},i}$ - момент технологической нагрузки на i -ом гидромоторе, $i=1..3$; $M_{\text{ин},i}$ - момент инерционной нагрузки на i -ом гидромоторе, $i=1..3$; $M_{\text{мп},i}$ - момент сил трения, приведенный к валу i -ого гидромотора, $i=1..3$;

Моменты, которые развиваются гидромоторами, определяются зависимостью:

$$M_{\text{дв},i} = q_{\text{мн}}(\varphi_i) \cdot (p_i - p_{i+1}). \quad (12)$$

Технологическая нагрузка на рабочих органах сельхозмашин может меняться в достаточно широких границах, превышая в несколько раз номинальное значение, на которое обычно рассчитывается номинальная мощность привода. Но в процессе моделирования привода возможно считать, что рассматривается наиболее распространенный случай устойчивого нагружения рабочих органов, когда отклонение момента технологической нагрузки от устойчивого значения есть незначительным. При учете наличия в соединении гидромотора и рабочего органа люфта, моменты технологической нагрузки могут быть описанными следующими зависимостями:

$$M_{\text{мн},i} = \begin{cases} 0, & |\varphi_i - \varphi_{\text{мех},i}| \leq |\varphi_{\text{з},i}| \\ M_{\text{Т},i}, & |\varphi_i - \varphi_{\text{мех},i}| > |\varphi_{\text{з},i}| \end{cases}, \quad i=1..3, \quad (13)$$

где: $M_{\text{Т},i}$ - технологическая нагрузка на i -ом рабочем органе, который приводится в действие от вала i -ого гидромотора; φ_i - положение вала i -ого гидромотора; $\varphi_{\text{мех},i}$ - положение вала i -ого рабочего органа; $|\varphi_{\text{з},i}|$ - максимально допустимая величина зазора в соединении вала i -ого рабочего органа с валом i -ого гидромотора.

Моменты сил инерционной нагрузки, приложенные к валам гидромоторов, равняются:

$$M_{\text{ин},i} = I_i \cdot \frac{d^2 \varphi_i}{dt^2}, \quad i=1..3, \quad (14)$$

где: I_i - приведенный момент инерции к валу i -ого гидромотора; $\frac{d^2 \varphi_i}{dt^2}$ - угловое ускорение вала i -ого гидромотора.

Потери на трение в гидромоторах и передаточном механизме определяются потерями крутящего момента, который развивает гидромотор, на преодоление вязкого и сухого трения:

$$M_{\text{мп},i} = M_{\text{мп},i}^c + M_{\text{мп},i}^6, \quad i=1..3, \quad (15)$$

где: $M_{\text{мп},i}^c$ - момент сил сухого трения; $M_{\text{мп},i}^6$ - момент сил вязкого трения.

Известно [3], что вязкое трение зависит от скорости относительного перемещения дета-

лей гидромотора и определяется такими зависимостями:

$$M_{mpi}^e = b_i \cdot \frac{d\varphi_i}{dt}, \quad i = 1..4, \quad (16)$$

где: b_i - коэффициент вязкого трения в i -ом гидромоторе; $\frac{d\varphi_i}{dt}$ - угловая скорость вращения вала i -ого гидромотора.

Известно, что характеристика сухого трения имеет существенно нелинейный характер и зависит от многих факторов, которые определяют условия контакта. Согласно [3], потери на трение в гидромоторе могут быть определены зависимостью

$$M_{mpi}^c = M_{mpi}^c \left(\frac{d\varphi_i}{dt}; \tau; p_i; p_{i+1} \right). \quad (17)$$

Модель характеристики трения $M_{mpi}^c \left(\frac{d\varphi}{dt}; \tau \right)$, которая учитывает наличие нулевой скорости подвижных элементов гидромотора при страгивании или периодическом движении с остановками, имеет следующий вид [3].

С учетом зависимости $M_{mpi}^c(p_i, p_{i+1})$, которая характеризует влияние давления в полостях гидромотора на потери при его вращении, характеристика сухого трения в гидромоторе может быть представленной в виде [3]:

$$\begin{aligned} M_{mpi}^c \left(\frac{d\varphi_i}{dt}, \tau_i, p_i, p_{i+1} \right) &= \\ &= M_{mpi}^c \left(\frac{d\varphi_i}{dt}, \tau_i \right) + \varepsilon_i(p_i, p_{i+1}). \end{aligned} \quad (18)$$

В случае малого промежутка времени “выстоя” характеристика момента трения может быть учтена в виде зависимостей, которые были получены для шестеренных гидромоторов [3].

Для шестеренных гидромоторов:

$$\begin{aligned} M_{mpi}^c &= \varepsilon_0 \cdot (p_i \cdot F_i - 0.5 \cdot \psi_i \cdot (p_i + p_{i+1})) \\ &- \xi \cdot (p_i + p_{i+1}), \end{aligned} \quad (19)$$

где: F_i - эффективная площадь, которая определяется силами прижимания втулок и компенсаторов в i -ом гидромоторе; ψ_i - площади торцевых поверхностей втулок и компенсаторов в i -ому гидромоторе; ξ - коэффициент потерь на трение в цапфе шестерни, $i=1..4$.

Нагрузка от кривошипно-шатунного механизма, приведенная к валу четвертого гид-

ромотора учитываются уравнением Лагранжа II рода. В общем виде данное уравнение для обобщенной координаты φ_4 имеет следующий вид:

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial}{\partial \dot{\varphi}_4} T - \frac{\partial}{\partial \varphi_4} T = Q_{\varphi_4}, \quad (20)$$

где: T - полная кинетическая энергия системы; Q_{φ_4} - обобщенная сила.

Вычисляем разность $\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\omega}_4} - \frac{\partial T}{\partial \omega_4}$ и приво-

дим уравнение Лагранжа II рода к каноническому виду, группируя полученное выражение по порядку производной и вынося ее за скобки:

$$I_{np} \cdot \frac{d^2}{dt^2} \varphi_4(t) - \frac{1}{2} \cdot \frac{dI_{np}}{dt} \cdot \left(\frac{d}{dt} \varphi_4(t) \right) = Q_{\varphi_4}. \quad (21)$$

Математическая модель (1) – (21) усовершенствованного привода доочистителя ботвоуборочной машины имеет вид системы восьми нелинейных дифференциальных уравнений. Общий порядок системы - двенадцатый. Исследование этой модели вызывает определенные трудности, поэтому было принято решение относительно ее упрощения путем замены отдельных нелинейных характеристик линейными зависимостями или замены нелинейных коэффициентов, при возможности, постоянными числовыми значениями, полученными экспериментально.

Рассмотренная модель учитывает присоединение кривошипно-шатунного механизма к четвертому гидромотору. При подключении кривошипно-шатунного механизма к первому гидромотору уравнение (21) примет следующий вид:

$$I_{np} \cdot \frac{d^2}{dt^2} \varphi_1(t) - \frac{1}{2} \cdot \frac{dI_{np}}{dt} \cdot \left(\frac{d}{dt} \varphi_1(t) \right) = Q_{\varphi_1}. \quad (22)$$

Тогда уравнение (11) с учетом изменения индексов будет выглядеть следующим образом:

$$M_{\delta 6.i} = M_{mi.i} + M_{iu.i} + M_{mp.i}, \quad i=2..4. \quad (23)$$

В случае присоединения кривошипно-шатунного механизма к валу второго гидромотора уравнение (21) изменится следующим образом:

$$I_{np} \cdot \frac{d^2}{dt^2} \varphi_2(t) - \frac{1}{2} \cdot \frac{dI_{np}}{dt} \cdot \left(\frac{d}{dt} \varphi_2(t) \right) = Q_{\varphi_2}. \quad (24)$$

Тогда уравнение (11) с учетом изменения индексов будет выглядеть следующим образом:

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РАБОТЫ ПРИВОДА ДООЧИСТИТЕЛЯ БОТВЫ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОМПОНОВКИ ПРИВОДА.

$$M_{\text{дв.}i} = M_{\text{мн.}i} + M_{\text{ин.}i} + M_{\text{мп.}i}, \quad i=1,3,4. \quad (25)$$

Уравнения (21) и (11) для варианта, когда кривошипно-шатунный механизм подключается к третьему гидромотору, имеют следующий вид:

$$I_{\text{нр}} \cdot \frac{d^2}{dt^2} \varphi_3(t) - \frac{1}{2} \cdot \frac{dI_{\text{нр}}}{dt} \cdot \left(\frac{d}{dt} \varphi_3(t) \right) = Q_{\varphi_3}. \quad (26)$$

$$M_{\text{дв.}i} = M_{\text{мн.}i} + M_{\text{ин.}i} + M_{\text{мп.}i}, \quad i=1,2,4. \quad (27)$$

Характерным признаком данной математической модели есть наличие значительного количества нелинейных зависимостей, которые описывают поведение элементов данной гидросистемы. Нелинейный характер разработанной математической модели, которая имеет высокий порядок дифференциальных уравнений, усложняет ее исследование, целью которых является детальный анализ особенностей работы данной гидравлической системы при разных режимах работы, разных режимах загрузки рабочих органов и разработка рекомендаций по проектированию систем данного типа.

Для исследования нелинейных систем в динамическом состоянии предлагается довольно много прикладных математических пакетов, таких как Mathcad, Maple, Matlab. Для решения данной системы уравнений был использован пакет Mathcad.

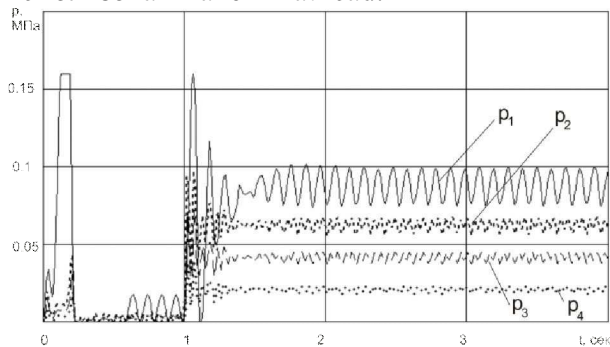


Рис. 2. Переходные процессы изменения давлений в системе при первом варианте компоновки

Fig. 2. The transient process changing pressure in hydraulic system with first version of composition

Исследование работы системы проводилось при следующем соотношении параметров гидропривода доочистителя ботвы сахарной свеклы: $q_1, q_2, q_3, q_4 = 32 \text{ см}^3/\text{об}$, $W_1, W_2, W_3, W_4 = 100 \text{ см}^3$, $m_1 = 10 \text{ кг}$, $m_2 = 10 \text{ кг}$, $m_3 = 100 \text{ кг}$, $\beta_{\text{мп}4} = 6 \cdot 10^{-2} \text{ Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с}$, $Q_{\text{н}} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$, $I_1 = I_2 = I_3 = 0.1 \text{ кг м}^2$, $I_4 = 1.5 \text{ кг м}^2$, $I_1 = I_2 = I_3 = 0.1 \text{ кг м}^2$, $I_4 = 3 \text{ кг м}^2$.

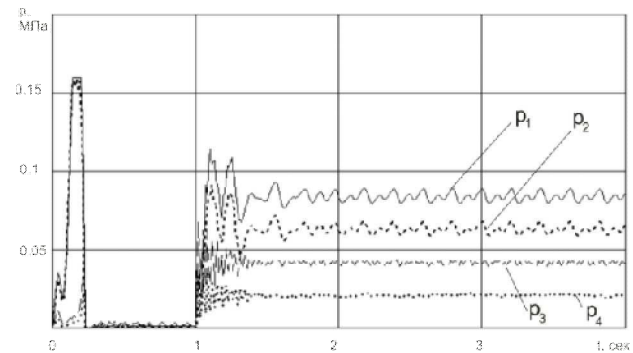


Рис. 3. Переходные процессы изменения давлений в системе при втором варианте компоновки

Fig. 3. The transient process changing pressure in hydraulic system with second version of composition

Переходные процессы изменения давлений $p_1 - p_4$, полученные при решении системы уравнений (1) – (10), (12) – (21), (24), (25) (кривошипно-шатунный механизм присоединен к валу первого гидромотора), показаны на рис. 2. Колебания давления p_1 , вызваны неравномерностью нагрузки приложенной к валу первого гидромотора. Изменения давлений на остальных трех гидромоторах незначительны и носят затухающий характер.

Переходные процессы изменения давлений $p_1 - p_4$, полученные при решении системы уравнений (1) – (10), (12) – (21), (25), (26) (кривошипно-шатунный механизм присоединен к валу второго гидромотора), что показаны на рис.3, несколько отличаются от переходных процессов, что приведены на рис.2. Следует отметить автоколебательный режим работы первого и второго гидромоторов, при котором амплитуда колебания давления на первом гидромоторе значительно меньше, чем при первом варианте компоновки системы. Возбуждение колебаний на первом гидромоторе вызвано неравномерностью нагрузки на валу второго гидромотора, при этом присутствуют колебательные процессы на третьем и четвертом гидромоторах практически отсутствуют.

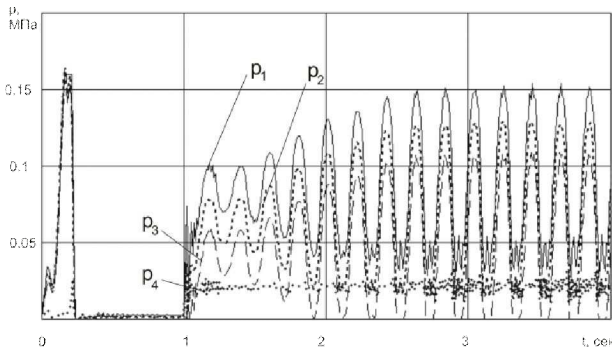


Рис. 4. Переходные процессы изменения давлений в системе при третьем варианте компоновки.

Fig. 4. The transient process changing pressure in hydraulic system with third version of composition

Переходные процессы изменения давлений $p_1 - p_4$, полученные при решении системы уравнений (1) – (10), (12) – (21), (17), (27) (кривошипно-шатунный механизм присоединен к валу третьего гидромотора), что показаны на рис. 4, носят расходящийся характер. Неравномерность нагрузки на третьем гидромоторе приводит к возбуждению расходящихся колебаний давления на первом и втором и третьем гидромоторах. Данный режим работы системы является нежелательным.

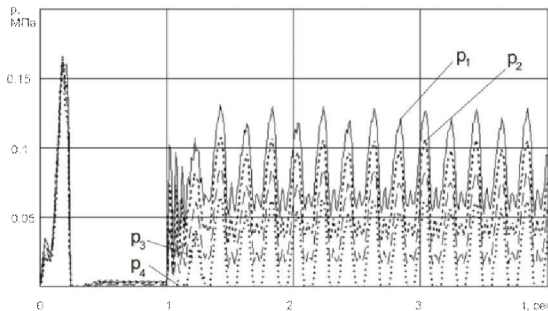


Рис. 5. Переходные процессы изменения давлений в системе при четвертом варианте компоновки

Fig. 5. The transient process changing pressure in hydraulic system with fourth version of composition

Переходные процессы изменения давлений $p_1 - p_4$, полученные при решении системы уравнений (1) – (21) (кривошипно-шатунный механизм присоединен к валу четвертого гидромотора), показаны на рис. 5. Присутствует автоколебательный режим

работы данной системы, в отличие от переходных процессов показанных на рисунках 2 и 3. Амплитуда колебаний давления составляет 0.1 МПа. Использование данной компоновки системы возможно при условии разработки комплекса мер по выведению системы из автоколебательного режима.

ВЫВОДЫ

При исследовании четырех вариантов компоновки привода была выявлена зависимость расположения зоны устойчивой работы системы от ее компоновки. В результате анализа полученных переходных процессов изменения давления на каждом из гидромоторов, можно сделать вывод, что наиболее приемлемыми являются первый и второй вариант компоновки, когда привод кривошипно – шатунного механизма осуществляется от первого или второго гидромотора. При данных вариантах компоновки системы колебания давления на третьем и четвертом гидроагрегатах незначительны. Третий и четвертый варианты компоновки привода являются крайне нежелательными с точки зрения качества работы системы – расходящиеся и автоколебательные режимы работы с большой амплитудой изменения давления. Четвертый вариант компоновки гидравлической системы привода рабочих органов доочистителя ботвы сахарной свеклы может быть применен при условии применения дополнительных мер для стабилизации переходных процессов изменения давления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. <http://www.agrochart.com/ru/news/news/191112/ukraina-obzor-proizvodstva-saharnoj-svekly/>
2. Pogorelec O.M. 2004: Gidroprivod sel'skohozjajstvennoj tehniki: Uchebnoe izdanie / Zared. - K.: Vyssee obrazova-nie. 368.
3. Popov D.N. 1976: Dinamika i regulirovanie gidro- i pnevmosistem. Uchebnik dlja mash. vuzov. - M.: Mashinostroenie, 424
4. Pogorelyj L.V., 2004: Svekloborochnye mashiny: istorija, konstrukcija, teorija, prognoz. – K. Feniks, 232
5. Gun'ko I.V., 1999: Gruppovij gidroprivod robochih organiv mashin sil'skogospodars'kogo priznachennja z poslidovnim zjednannjam

- gidromotoriv: dis.kand. tehn. nauk. Vinnicja., 254
6. Bulgakov V., Golovach I., 2006: Analitichne viznachennja vtrat gichki pri kolivannj ahrotornogo gichkorizal'nogo apparatu u povzdovzhnjo – vertikal'nij ploshhini// MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 8. 28-39.
7. Bulgakov V., Adamchuk V., Golovach I., 2008: Doslidzhennja udaru pri vzaemodiji vibracijnogo vikopujuchoho organu iz tilom koreneplodu // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 10. 31-44.
8. Nikolenko I., Ryzhakov A. 2009: Perehodnye processy v gidroprivode s diskretnym mashinnym regulirovanjem // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 11. 52-65.
9. Bulgakov V. M. 2005. Teorija burjakozbiral'nih mashin. Monografija. – Kijiv: Vidavnicij centr NAU. – 245.
10. Bulgakov V. M., Berezovij M. G., Siplivec O. O. 1997. Suchasni tendenciji rozvitku tehnologij zrizuvannja gichki cukrovogo burjaku. – Mehanizacija s.-g. Virobnictva // Zb. nauk. pr. NAU. – K.: NAU – T.II – "Perspektivni tehnologiji viroshhuvannja ta zbirannja cukrovih burjakiv"– 23-25.
11. Vasilenko P.M. 1996. Vvedenie v zemledel'cheskuju mehaniku. – K.: Sil'gosposvita, – 252.
12. Vojtjuk D.G., Carenko O.M., Jacun S.S. ta in. 2000. Mehaniko-tehnologichni vlastivosti sil'skogospodars'kih materialiv. Praktikum // Zared. S.S. Jacuna. – K.: Agrarnaosvita. – 93.
13. Vojtjuk D.G. 2005. Sil'skogospodars'ki mashini. Osnovi teoriji ta rozrahunku – K.: Vishhaosvita, – 464.
14. Gevko R.B. 1999. Obhruntuvannja konstruktivno-tehnologichnih parametriv robochih organiv burjakozbiral'nih mashin: Avto-ref. dis. dokt. tehn. nauk. – K.: NAU. – 35.
15. Pogorelyj L.V., Tat'janko N.V., 2004. Sveklouborochnye mashiny: istorija, konstrukcija, teorija, prognoz. – K.: Feniks. – 232.
16. Pogorelyj L.V. 1990. Povyshenie ekspluatacionno-tehnologicheskoy effektivnosti sel'skohozjajstvennoj tehniky. – K.: Tehnika. – 176.
17. Kondakov L.A. 1978. Mashinostroitel'nyj gidroprivod/ Pod red. V.N. Prokof'eva. M.: Mashinostroenie. – 495.
18. Mishin M.A., Babko I.P. i dr. 1990. Primenenie gidroprivoda v rezhushhijh apparatah botvouborochnyh mashin // Traktory i sel'skohozjajstvennye mashiny.-№11.–16-17.
19. Pogorelyj L.V. 1983. Sveklouborochnye mashiny. Konstruivovanie i raschet– K.:Tehnika. –168.
20. Sinij S.V. 1995. Tendenciji rozvitku tehnologiji vidalennja gichki // Sil'skogospodars'ki mashini: Zb. nauk. st. – Luc'k: Vid-vo LAU. – 148-157

RESEARCHING THE DYNAMIC CHARACTERISTICS OF THE BEET TOPS CLEANER DRIVE DEPENDING ON CONFIGURATION

Summary. The mathematical model of hydraulic system of a beet tops of cleaner with four hydromotors, which connecting in parallel, are consider. The Modeling and the analysis of four variants of configurations of a drive beet tops cleaner areexecuted.

Keywords: hydraulic system, cleaner sugar beet tops, four hydromotors, connecting in parallel.

BIOMASS PRODUCTIVITY OF MISCANTHUS DEPENDING ON THE QUALITY OF PLANTING MATERIAL AND GROWING CONDITIONS IN THE WESTERN FOREST-STEPPE REGION OF UKRAINE

Mykhailo Humentyk, Vladimir Kwak, Olexander Zamoyski, Bogdan Radejko

Institute of bioenergy crops and sugar beet NAAS of Ukraine

Summary. The paper presents the research results of the productivity of miscanthus biomass over a three year period, evaluating the dependency between the quality of the rhizomes and growing conditions in western forest-steppe region of Ukraine. The optimal planting density and mass of rhizomes were studied and classified. Factors affecting the yield of dry matter miscanthus were also analyzed.

Key words: miscanthus, biofuel, rhizomes mass, planting density, biomass productivity.

INTRODUCTION

The current condition and development of new markets of solid biofuels in Ukraine is in its infancy. Among the many unsettled problems in this area are improved legislation and the lack of standards for biofuel raw materials. Biomass producers also face the problem of shortage of available raw materials throughout the year. In order to provide a stable capacity of biofuel, factories need a predictable amount of organic raw materials and related logistics[1,2].

PRESENTATION OF THE PROBLEM

This problem can be solved by creating their own high-energy plantation of crops with high yields of biomass with a high content of cellulose and lignin [3]. Miscanthus is among a number of highly promising perennial grass crops for the production of solid biofuels in the form of pellets [4,5,6]. Biological features of this culture successfully combine with a range of valuable economic characteristics such as: high adaptive ability, efficient use of area, high output and low cost. An important feature of miscanthus as perennial crop is the ability to enrich the soil with organic matter. The use of this culture is an innovative way to reduce soil erosion and thus contributing to the improvement of ecological situation, which is important for the western-steppe region of Ukraine.

ANALYSIS OF RECENT RESEARCH AND PUBLICATIONS

Miscanthus can be grown on different soils. It is not demanding of moisture and nutrients in the soil; have high resistance to diseases and pests and provides a positive impact on the environment. It is a versatile because this low cost and low risk crop requires minor investments; give high yields of biomass not only on fertile soil but so on low-productive lands. Yields of dry biomass miscanthus increase gradually with 5-6 t/ha the first years to 10-15 t/ha the second year and up to 20-25 t/ha – the third year of cultivation [20,21].

The structure of miscanthus biomass has the typical ingredients for a biofuel raw material with about 50 % cellulose and 30% lignin. Dry biomass has a low ash content – up to 2.4%, compared with straw, and is low in potassium and sodium combined with a high content of calcium and magnesium, which contribute to high combustion temperature and reduce the likelihood slag formation in solid fuel boilers. The cost of miscanthus biomass, in different countries ranges from 20 to 40 euros per ton of dry matter [7,8,16,17,18,19].

With the increased industrial cultivation of miscanthus in Ukraine there is a need to study and implement an efficient manufacturing operations guide in order to optimize the care of the culture and conduct research – based on parameters and methods of cultivation.

The rhizomes mass is the one of the most important quality indexes that influences miscanthus biomass productivity. According to scientific research the optimal rhizomes mass must be between 40-100 g [4]. But other available research seems to suggest that this is not necessarily the case. For example, scientists at the University of Illinois concluded in 2005-2006 that the productivity of dry mass doesn't depend on planting rhizomes weight being in the range from 20 to 100 g [10].

THE RESEARCH TASK

Thus, the question about the rhizomes mass and the planting norms is actually about the high cost of the planting material.

The aim of the experimental research was to determine the biomass productivity and their standing density under the conditions of western forest-steppes of Ukraine.

THE MATERIALS AND RESEARCH METHODOLOGY

The research was conducted from 2009 to 2011 on the research fields of Intubus Ltd. in Borshchiv, Ternopil region.

The field research was conducted according to the common scientific and special agronomical methodology with the help of electronic computing in the process of working and analyzing the results of the researches [11,12,13].

Research Scheme:

Factor A – the standing density, the plant / ha 25 tsnd (70x55), 20 tsnd (70x70), 15 tsnd (70x105), 10 tsnd (70x140).

Factor B – the rhizomes mass (g): 20 – 30; 30 – 60; 60 – 90; 90 – 120 [14].

The sowing area was 190 m², registered area – 98 m², repeated four times. The experiments were held according to the method of splitted areas, repeat in four tiers.

The soil is light gray with ash, the content of mobile phosphorus (according to the Kirsanov's method) in the layer of soil 0-30 cm is 9.5 mg on 100 g of soil, the content of an exchange potassium (according to the Kirsanov's method) – 6 mg on 100 g of soil, the content of nitrogen (according to Cornfield's method) – 28 mg on 100 g of soil, the acidity of soil (pH) – 6.0 [23].

Borshchiv region is in the temperate area so the climate is mildly continental with insignificant amplitude of fluctuations in temperature, characterized with mild winters, warm and moist summer and a sufficient amount of precipitations [15, 22].

Throughout the full research period the average daily air temperature was 2 – 4°C higher than normal average for the region.

The precipitation during the vegetation period was unevenly distributed. From 2009 till 2011 a few of precipitation measurements fell out – from 250 to 111 mm less than average long-time which caused drought conditions.

Especially there was a lack of precipitation in March – April every year. 2010 was wetter than average. The, precipitations in May 2010 was high with 219,3 mm and July with 163,3 mm. This had a positive influence on the growing and development of the miscanthus because the plant thrives on moisture. Over all during the experiment period the weather conditions were favorable for miscanthus planting.

Each year during the cultivation period the phonological, biometrical account and supervisions were conducted.

THE RESULTS OF RESEARCH

Our research results show, (See Chart 1), that different standing density of the plants at the first part of the first year of vegetation has little influence on index of linear increase of stem and the height of the plant in general.

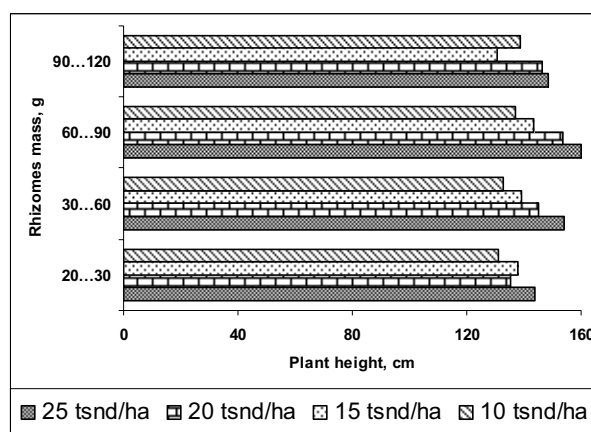


Fig. 1. Dynamic height of the main miscanthus stem

During the second part of growing season, after the considerable formation of vegetative mass there is competition between the plants, as a result of which their height increase proportionally to the planting density. Therefore by the end of the growing season the biggest height of the main stem was 152 cm according to the standing density 25 tsnd/ha, and the smallest height of the main stem was 135 cm according to the standing density 10 tsnd/ha.

Besides, it should be noted, that the rhizomes mass is not the less important growth factor for plant development, because they hold essential nutrients and buds that form shoots in the future. But the height of the main stem doesn't depend on the rhizomes mass and varies from 137 cm to

148 cm. The biggest height of the stem occurs when the rhizomes mass is between 60 – 90 g and 148 cm, and the smallest is then when the rhizomes mass is between 20 – 30 g, 137 cm.

The plant growth and development accompanied by growth puff apparatus, which is the means of accumulating of solids. During all three growing season the number of leaves on the main stems were almost the same (within LCD₀₅) on all test areas with the slight fluctuations within 13,7-14,7 units. Thus, their number doesn't depend on the standing density and rhizomes mass and defined by phases of ontogenesis.

The number of shoots increases in July-August, when the miscanthus is in the tillering phase and stops in ejection phase of panicle. It is known that the number of shoots and productivity of miscanthus increase at the same time. It should be noted that the number of shoots depends on the rhizomes mass.

For example, the mass of rhizomes from 20 – 30 g (Chart 2), the highest number of shoots per bush is 9,6 units, and the mass of rhizomes 90 ... 120 g – 11,3 things.

With increasing standing density, the number of shoots decreases. When the density is 25 tsnd/ha we get on average 8,9 shoots. When the density is 10 tsnd/ha we get on average 11,4 shoots.

At first the biomass harvest increases because the standing density decrease and reaches the maximum value, but it declines further. This is because the same harvest of biomass can be gotten with the help of two different densities.

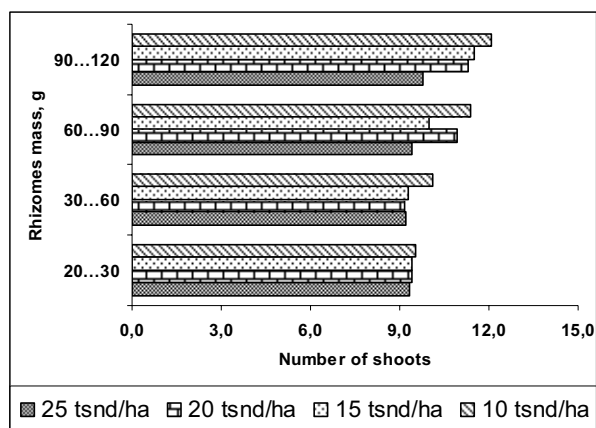


Fig. 2. Dynamic of the shoots number per bush

According to the results the yield of dry biomass of the plant increase when the standing density decreases. So, when the standing density is 25 tsnd/ha then the average mass of one miscanthus is 120,9 g, when the standing density is 15 and 10 tsnd/ha the average mass of one miscanthus is 169,6 g and 180,2 g according to Table 1. This relates to the increasing area of nutrition and lighting conditions and reduction in competitions between plants.

The yield of dry miscanthus mass increase because of the increase of standing density per one unit of area.

For example, (Table 2) when the standing density was 10 tsnd/ha, the yield of dry mass per 1 ha was 1,8 ton/ha, and according to the 25 tsnd/ha density – 3,1 ton/ha during the first year of vegetation

Table 1. The mass of one dry plant of miscanthus of the first year of vegetation according to the rhizomes mass and their planting density (average within 2009-2011)

Planting density, tsnd/ha	Rhizomes mass, g			
	20...30	30...60	60...90	90...120
25	120,9	141,2	164,6	183,8
20	135,4	157,5	170,4	196,8
15	169,6	191,2	224,3	231,2
10	180,2	220,2	240,3	244,9
LCD ₀₅				3,9

BIOMASS PRODUCTIVITY OF MISCANTHUS DEPENDING ON THE QUALITY OF PLANTING MATERIAL AND GROWING CONDITIONS IN THE WESTERN FOREST-STEPPE REGION OF UKRAINE

Table 2. The yield capacity of the miscanthus dry mass according to the rhizomes mass and their planting density for years of vegetation, ton/ha

Planting density, tsnd/ha	Rhizomes mass, g			
	20...30	30...60	60...90	90...120
The first year of vegetation				
25	2,2	2,8	3,5	4,0
20	2,0	2,5	2,8	3,3
15	1,9	2,4	2,8	3,1
10	1,3	1,7	2,1	2,2
LCD ₀₅				0,1
The second year of vegetation				
25	14,0	17,5	20,8	24,9
20	12,9	17,0	17,0	20,6
15	12,7	16,5	16,7	18,2
10	9,6	12,2	13,4	14,1
LCD ₀₅				1,0
The third year of vegetation				
25	21,9	27,9	33,0	34,6
20	21,7	27,4	27,5	31,8
15	20,5	26,1	26,2	29,5
10	16,4	19,3	21,3	25,5
LCD ₀₅				2,0

According to the standing density of 10 tsnd/ha the yield of dry mass per ha was 12,3 and 20,6 ton/ha, when the standing density was 25 tsnd/ha – 19,3 and 29,4 ton/ha during the second and the third years. It should be noted, that with each successive year the difference between the options is reduced. The difference between the options during the first year was 41 to 45%, the difference during the second and the third year decreased to 31 – 43% and 25 – 26%.

Another very important factor that affects the yield of miscanthus is rhizomes mass, the increasing of which causes the mass increasing of the plants. For example, when the rhizomes mass was 20...30 g – the yield of dry mass was 1,9; 12,3 and 20,1 ton/ha, when the rhizomes mass was 90...120 g – 3,2; 19,5 and 30,4 ton/ha according to the first, second and third years of vegetation.

It happens because the plants produce more shoots during the germination and as a result the vegetative mass increases. After the change-

over to the actual root power and photosynthesis those plants better absorb solar radiation, moisture and nutrients from the soil that causes the best productivity, but the plants with less mass of rhizomes become bushes with small stems. They do not have enough vegetative mass and spend energy to make the new shoots.

According to the results of analysis of the variances (Chart 3) it is clear that the greatest influence on miscanthus productivity during the first year of cultivation is the weight factor of rhizomes (15.7%). It is due to the increased uptake of nutrients and the number of potential buds that can sprout from the bigger rhizomes. The standing density of the plant has less of an influence (14.4%).

This is the result of stems height increasing on the dense planting scheme. Because of the weather conditions the year factor influenced only 64.3% on the yield of dry miscanthus weight. The effect of one factor is not dependent on other.

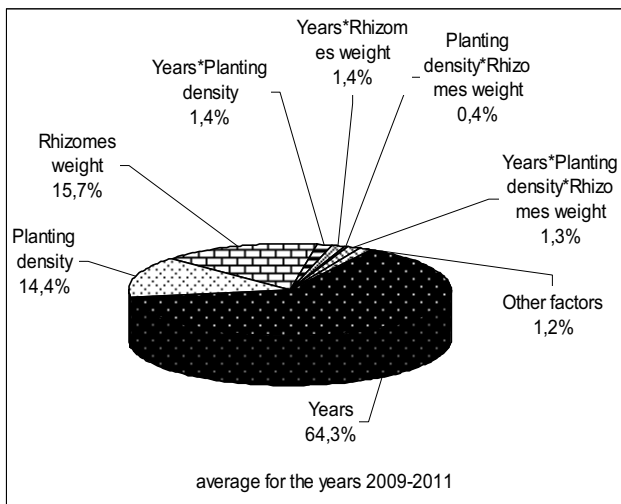


Fig. 3. Part of factors influence on yield of dry miscanthus weight

Because of the fact that miscanthus is long-term, the year-old plantations of this crop is unproductive. Because the plants form strong root systems that help them survive the first winter, the next year they form strong above-ground biomass. During the first year of cultivation the mass of rhizomes is more than green puff-stem mass by 1.8 times. Thus, when the rhizomes mass was set at 20 – 30 g, at the end of the cultivation period the rootstock mass was 471 g, compared to when the rhizomes mass was set at 90 – 120 g it was a much higher 664 g.

It should be noted that the mass of miscanthus rhizomes decreases with increasing total density of standing plants. The smallest values of areas with the maximum density in the experiment (25 tsnd/ha) was measured at 471 g. The measurement for the lowest density planting (10 tsnd/ha) reached a value of 637 g.

Thus, according to the researches was pointed that the optimal standing density of plants is 15 tsnd/ha and with the rhizomes mass 30...60 g.

CONCLUSIONS

1. During the first year of vegetation the plants form rootstock system, which makes them able to survive the first winter, the next years the strong aboveground biomass forms.
2. The increase of the yield of miscanthus depends on the standing density of the plants and rhizomes mass.

REFERENCES

1. Cherevko G. 2006. Alternativna energetyka agropromyslovogo kompleksu Ukrainu // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 8A. 106 – 116.
2. Jech J. 2008. Suszenie ziarna energia uzyskaną ze spalania biomasy / MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 10. 60 – 66.
3. Niedziółka I., Zuchniarz A. 2006. Analiza energetyczna wybranych rodzajow biomasy pochodzenia roślinnego // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 8A. 232 – 237.
4. Miscanthus, an Energy Crop for Illinois [Elektronnyy resurs] – Rezhum dostupu: <http://environmentalalmanac.blogspot.com/2005/02/miscanthus-energy-crop-for-illinois.html>.
5. Miscanthus [Elektronnyy resurs] / Animal Feed. – Rezhum dostupu: <http://www.quinns.ie/mischantusagriculture.htm>
6. Newman R. Miscanthus Practical Aspects Of Biofuel Development / Robert Newman. – Department of Trade and Industry, 2003. 79
7. Zinchenko V.O. 2006. Biogelioenergiy – nache energetuchne maybutne // Proposuciy. — №8. 130–132.
8. Miscanthus as an energy crop its potential for Nonthern Ireland / [McKervey Z., Woods V. B., Easson D. L.]. – AFBI Hillsborough, 2008. – 80
9. Plant Crops Bioenergy Research UK [Elektronnyy resurs]. / – Rezhum dostupu: <http://www.tsecbiosys.ac.uk/index.php?p=8&t=1&ss=4>.
10. Huisman W. 1996. Technical and economic feasibility of the complete production transport chain of Miscanthus x giganteus as an energy crop. Enschede. – The Netherlands.
11. Dospehov B. D. Metoduka polevogo oputa: [uchebn. Dly stud. agronom. spez s.-h.vuzov]. – 3–e izd. – M. : Kolos, 1973. – 336.
12. Osnovu nauchnuh isledovaniy v agronomiy / [V. F. Moiseychenko, M. F. Trifonov, A. H. Zaveruha, V. E. Echenko.]. – M. : Kolos, 1996. – 336.
13. Ermatraut E.R., Prusyzhnuik O.I., Sevchenko I.L. 2007. Statustuchnuy analiz agronomichnuh doslidnuh danuh v pakety Statistica-6 // Metoduchni vkazivku. – Kyiv, – 55.

BIOMASS PRODUCTIVITY OF MISCANTHUS DEPENDING ON THE QUALITY OF PLANTING MATERIAL AND GROWING CONDITIONS IN THE WESTERN FOREST-STEPPE REGION OF UKRAINE

14. Kvak V.M. 2013. Vplyv masu ruzomiv miskantusu ta gustotu ih saginny na energetichnu produktivnist biomasu / Kvak V.M.; [Zb. nauk. praz Institutu bioenergetichnuh kultur i zukrovuh burykiv NAAN / Red. Royika M. V.]. – [vup. 17] – Kyiv, T.1. 146–151.
15. Sbornik metodov issledovaniy pochkv I rashteniy [V. P. Kovalchuk, V. Vasilev, L. B. Boyko, V. D. Zosimov] – K.: Trud-HriPol-XXI vik, 2010 – 252.
16. Venturi, P., W. Huisman, and J. Molenaar. 1998. Mechanization and costs of primary production chains for Miscanthus x giganteus in the Netherlands. *Journal of Agricultural Engineering Research* 69: 209 -215.
17. Walsh, M. and S. McCarthy. 1998. Miscanthus handbook. pp. 1071-1074. In *Biomass for Proceedings of the 10th European Bioenergy Conference*, Wuzburg, Germany, June 1998. C.A.R.M.E.N. Publishers, Rimpark, Germany.
18. Himken, M., J. Lammel, D. Neukirchen, U. Czipionka-Krause, and H.-W. Olf. 1997. Cultivation of Miscanthus under West European conditions: Seasonal changes in dry matter production, nutrient uptake and remobilization. *Plant and Soil* 189:117-126.
19. Hotz, A., W. Kuhn, and S. Jodl. 1996. Screening of different miscanthus cultivars in respect of yield production and usability as a raw material for energy and industry. 523-527.
20. Kvak V.M. Vplyv strokiv sadinny ta glubinu zagortanny ruzomiv na polovu shozhist / V.Kvak //Zukrovi byryku.–2012.–№6.15–21.
21. Humentyk M.Y. Optymyzasiy elementiv tehnologiy vurochuvanny miskantusu v umovah Zahidnogo lisostepu Ukrainu / Humentyk M.Y., Kvak V.M.; [Zb. nauk. praz Vinnizkogo nazionalnogo agrarnogo universitetu nauk. /Red. Kaletnik G. M.]. – [vup. 1(57), Seriy: Silskogospodarski nauku]. – Vinniza, 2012. 168–173.
22. Humentyk M.Y. 2011. Shozhist miskantusu zalezho vid variuvanny hlubinu sadinny ruzomiv / M. Y. Humentyk M. Y; [Zb. nauk. praz Institutu bioenergetichnuh kultur i zukrovuh burykiv NAAN / Red. Royika M. V.]. – [vup. 12,]. – Kyiv, 55–61.
23. Drozdovskiy Y, P. 1999. Pruroda Borchivskogo rayonu / Drozdovskiy Yosup Petrovuch. – Ternopil: Dczhura, 104.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ПОТОКОВОГО ВИБРОУДАРНОГО ФИЛЬТРОВАНИЯ ВЛАЖНЫХ ДИСПЕРСНЫХ СРЕД В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Иван Севостьянов, Ярослав Иванчук

Винницкий национальный технический университет

г. Винница, Хмельницкое шоссе 95

Ivan Sevostyanov, Yaroslav Ivanchuk

Vinnitsa national technical university

Аннотация. В статье представлены основные результаты теоретических исследований процессов потокового виброударного фильтрования влажных дисперсных сред в пищевой промышленности. В частности, приводится схема установки с гидроимпульсным приводом для реализации исследуемых процессов, рассматриваются закономерности их протекания и эффективности, уравнения для расчета основных рабочих параметров процессов, расчетные зависимости данных параметров и их анализ.

Ключевые слова: потоковое виброударное фильтрование, влажный дисперсный материал, гидроимпульсный привод.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Одной из серьезных экологических проблем пищевой промышленности ряда стран Европы и СНГ является утилизация влажных дисперсных отходов, к которым относятся спиртовая барда, пивная дробина, свекольный жом, кофейный и ячменный шлам и другие подобные среды [1]. В большинстве случаев данные отходы выливаются на грунт, что приводит к загрязнению окружающей среды, кроме того, требует дополнительных затрат на их транспортировку. Однако при разделении отходов на жидкую фазу (фильтрат) и твердую фазу (концентрат) последний может использоваться в качестве ценной добавки к сельскохозяйственным кормам или как топливо. Фильтрат же после достаточно качественной очистки можно возвращать в природу без негативных последствий для нее или повторно использовать на производстве.

Таким образом, при реализации описанных процессов разделения и очистки комплексно решаются проблемы утилизации отходов, уменьшения негативного воздейст-

вия на окружающую среду и получения ценного сельскохозяйственного корма или топлива [1].

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Известно достаточно много различных способов очистки влажных дисперсных материалов [2, 3, 4, 5], в том числе и сравнительно новых [6]. Одним из наиболее эффективных и широко используемых на Западе способов очистки фильтрата влажных дисперсных пищевых сред является их тангенциальное потоковое фильтрование через трубчатые керамические мембраны [7]. Однако при его реализации поры в стенках мембраны постепенно засоряются твердыми частицами среды, что негативно сказывается на производительности Q_f рабочего процесса. Кроме того, для обеспечения достаточно высоких значений Q_f хотя бы на начальном этапе процесса фильтрования необходимо создавать в среде, проходящей по каналам мембраны одновременно высокое давление (до 10,5 МПа) и значительную скорость потока (до 2 м/с) [7]. В условиях потокового производства, при значительных объемах отходов на предприятии это приводит к большим затратам энергии.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В связи с вышеизложенным, нами предлагается более эффективный способ потокового виброударного фильтрования на оборудовании с гидроимпульсным приводом (ГИП) [8, 9]. Однако для обеспечения высоких показателей эффективности процессов потокового виброударного фильтрования необходимо выполнить их теоретические исследования, в частности, установить зависимости основных рабочих параметров процесса от конструктивных параметров испо-

льзуемого оборудования с ГИП и физико-механических характеристик фильтруемой среды.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

На рис. 1 представлена принципиальная гидрокинематическая схема установки с ГИП для реализации предлагаемого способа [10]. Поток фильтрата непрерывно подается центробежным насосом 4 с бака 12, через обратный клапан 5, кран 6, полость 9, по каналам фильтровальной мембраны 3, кран 1, по гидролинии 13 и обратно в бак 12. С помощью кранов 1, 6 в среде фильтрата, проходящего по каналам мембраны 3, создаются необходимые минимальные сопротивление и давление $p_{с.н}$ [9]. Жидкая фаза вытесняется через поры в стенках мембраны, отфильтро-

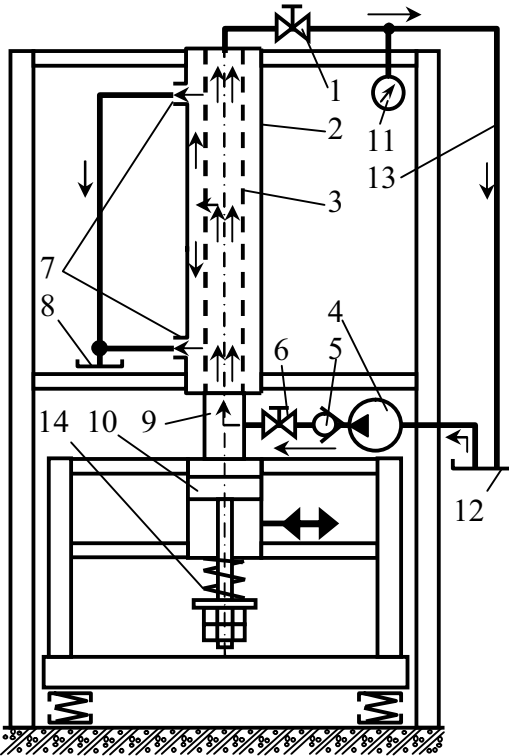


Рис. 1. Установка с ГИП для потокового виброударного фильтрования: 1, 6 – краны; 2 – корпус; 3 – фильтровальная мембрана; 4 – насос; 5 – обратный клапан; 7 – отводы; 8, 12 – баки; 9 – распределительная полость; 10 – гидроцилиндр ГИП; 11 – манометр; 13 – гидролиния; 14 – пружина

Fig. 1. Installation with a hydraulic pulse drive (GID) for flow vibro-blowing filtering: 1, 6 – cranes; 2 – corpse; 3 – filtering membrane; 4 – pump; 5 – return valve; 7 – taps; 8, 12 – tanks; 9 – distributive cavity; 10 – hydrocylinder GID; 11 – manometer; 13 – hydroline; 14 – spring

вывается, стекает в корпус 2, а далее по отводам 7 – в бак 8. Твердые частицы задерживаются стенками мембраны. Поршень гидроцилиндра 10 ГИП, при периодическом изменении давления рабочей жидкости в его штоковой полости от $p_{z2} = 2$ МПа до $p_{z1} = 10$ МПа, осуществляет вертикальные возвратно-поступательные перемещения с частотой ν до 150 Гц и амплитудой z_{1a} до 2,5 мм (величину p_{z1} , p_{z2} , ν и z_{1a} можно бесступенчато и в широких пределах регулировать [8]). Так как поршневая полость гидроцилиндра 10 связана через полость 9 с каналами мембраны 3, при перемещениях поршня, в среде фильтрата будут генерироваться волны повышенных напряжений и деформаций. Последнее приводит к периодическому увеличению давления p_c и скорости v_c в потоке фильтрата, уменьшению толщины слоя осадка с твердых частиц на внутренних поверхностях мембраны и засорения ее пор. Для обоснования высокой эффективности предлагаемого способа на базе вибропресса с ГИП ИМЗГК-5 [8] был создан стенд-прототип [11] рассматриваемой установки (см. рис. 1). В соответствии с результатами проведенных на стенде экспериментов [11] по сравнению производительности потокового виброударного и потокового безударного фильтрования ($Q_{ф.в-у}$ и $Q_{ф}$) спиртовой барды с начальной влажностью $U_n = 96\%$, установлено, что $Q_{ф.в-у}$ на 22% выше [11]. К тому же, $Q_{ф.в-у}$ остается стабильной во времени, тогда как $Q_{ф}$ падает через каждые полчаса работы стенда на 1%.

В процессе реализации предлагаемого способа давление p_c будет достигать максимальных значений на этапах увеличения давления в штоковой полости гидроцилиндра 10 от p_{z2} до p_{z1} и перемещения его поршня вверх. На данном этапе длительностью $t_{н.д}$ величину p_c можно определить с помощью уравнения:

$$p_c(t) = p_{с.з}(t) + p_{с.н} - \Delta p_{mp}(t) - \Delta p_{ex.n9}(t) - \Delta p_{p.n9}(t) - \Delta p_{ex.m}(t);$$

$$0 \leq t \leq t_{н.д}, \quad (1)$$

где: $p_{с.з}(t)$ – текущее давление в среде фильтрата, создаваемое гидроцилиндром 10; $\Delta p_{mp}(t)$ – потери давления в среде на трение по длине мембраны 3 [12]; $\Delta p_{ex.n9}(t)$, $\Delta p_{p.n9}(t)$, $\Delta p_{ex.m}(t)$, – местные потери давления на входе

в полость 9, при прохождении разветвления в полости 9 и на входе в каналы мембраны 3.

Значения $p_{c.z}(t)$ рассчитываем по формуле:

$$p_{c.z}(t) = \frac{F_z(t)}{S_n}; 0 < t \leq t_{н.д}, \quad (2)$$

где: S_n – площадь поперечного сечения поршня 10; $F_z(t)$ – усилие, создаваемое на поршне, которое можно определить как:

$$F_z(t) = p_z(t) \cdot S_{ш} - p_{c.н} S_n + m_{\Sigma} (\ddot{z}_I - g) - \alpha_I \dot{z}_I - \alpha_{mz} \dot{z}_m - \alpha_{pz} \dot{z}_p - c_y (z_{0y} + z_I) - c_{mz} z_m - c_{pz} z_p - \sigma_{0z}; 0 < t \leq t_{н.д}, \quad (3)$$

где: $p_z(t)$ – текущее давление в штоковой полости гидроцилиндра 10; $S_{ш}$ – эффективная площадь его поршня со стороны штоковой полости; z_I, z_m, z_p – перемещения поршня 10, частиц твердой фазы, а также жидкой фазы фильтра в каналах мембраны относительно вертикальной оси z ; $\alpha_I, \alpha_{mz}, \alpha_{pz}$ – коэффициенты вязкого демпфирования при перемещении поршня 10, частиц твердой фазы и жидкой фазы фильтра относительно оси z ; c_y – коэффициент жесткости пружины 14 возврата поршня 10 на этапах падения давления в штоковой полости гидроцилиндра; c_{mz}, c_{pz} – коэффициенты жесткости частиц твердой фазы и жидкой фазы фильтра относительно оси z ; z_{0y} – предварительное сжатие пружины 14; σ_{0z} – сжимающее напряжение текучести твердых частиц относительно оси z ; m_{Σ} – подвижная масса установки, опреде-

ляемая как сумма массы m_n поршня со штоком и приведенной к сечению $S_{ш}$ массы $m_{c.нр}$ среды в фильтровальной подсистеме установки (включает поршневую полость гидроцилиндра 10, полость 9, каналы мембраны 3 и гидролинию 13). Таким образом:

$$m_{\Sigma} = m_n + m_{c.нр}.$$

(4)

Давление $p_z(t)$ и перемещение z_I можно определить по эмпирическим формулам, полученным с помощью осциллограмм данных параметров (рис. 2), снятых на экспериментальном стенде-прототипе, в процессе фильтрации на нем спиртовой барды [9, 11, 14]. Во время экспериментов со стендом для измерения p_z и z_I использовались тензометрические датчики давления и перемещения (соответственно, моделей ADZ-SML-10.0 и TURCK Ni8-M18-LiU), АЦП модели Е14-140, персональный компьютер и стандартное программное обеспечение для АЦП – пакет LGraph2. Принимаем допущение, что зависимости $z_I(t)$ и $p_z(t)$ на рассматриваемом этапе могут быть с достаточно высокой точностью линеаризованы (линеаризованные участки графиков $z_I(t), p_z(t)$ показаны на рис. 2 пунктирными линиями). Все это позволит существенно сократить и упростить расчеты, без заметного снижения их точности.

Полученные с помощью осциллограмм формулы имеют вид:

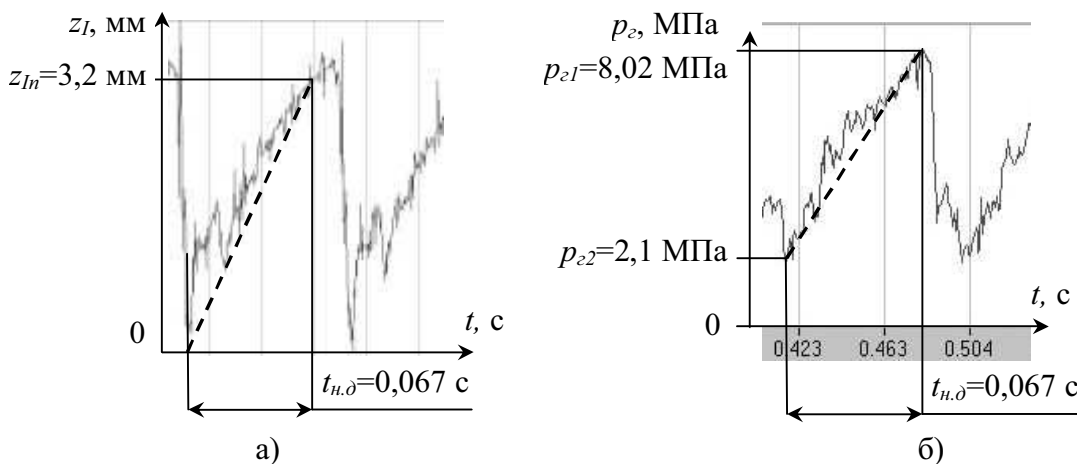


Рис. 2. Фрагменты осциллограмм: а – перемещения z_I поршня гидроцилиндра ГИП экспериментального стенда для потокового виброударного фильтрации; б – давления p_z рабочей жидкости в гидроцилиндре ГИП

Fig. 2. Fragments of oscillograms: а – movement z_I of the piston of hydrocylinder GID of the experimental stand for flow vibro-blowing filtering; б – pressure p_z of working liquid in hydrocylinder

$$z_I = 0 + \frac{z_{In}}{t_I} t = \frac{3,2 \cdot 10^{-3}}{0,067} t = 4,88 \cdot 10^{-2} t, \quad 0 < t \leq t_{н.д}; \quad (5)$$

$$p_z = p_{z2} + \frac{p_{z1} - p_{z2}}{t_I} t = 2,1 \cdot 10^6 + \frac{8,02 \cdot 10^{-6} - 2,1 \cdot 10^6}{0,067} t = 2,1 \cdot 10^6 + 88,36 \cdot 10^6 t.$$

Массу $m_{c.np}$ определяем как [13]:

$$m_{c.np} = \frac{1}{3} S_{ш}^2 \rho_{c.t} \left(\frac{l_n}{S_n} + \frac{l_{n9}}{f_{n9}} + \frac{l_m}{f_m} + \frac{l_{13}}{f_{13}} \right), \quad (6)$$

где: $l_n, S_n, l_{n9}, f_{n9}, l_m, f_m, l_{13}, f_{13}$, – длины и площади поперечных сечений поршневой полости гидроцилиндра 10 (см. рис. 1), полости 9, каналов мембраны 3 и гидролинии 13; $\rho_{c.t}$ – плотность фильтрата с учетом среднего повышения в процессе фильтрования его температуры – Δt_c [12]:

$$\rho_{c.t} = \frac{\rho_c}{1 + 8 \cdot 10^{-4} \Delta t_c}, \quad (7)$$

где: ρ_c – плотность фильтрата при температуре $t = 20$ °C.

Уравнение движения жидкой фазы по каналам мембраны имеет вид

$$m_p (\ddot{z}_p - g) - \alpha_{pz} \dot{z}_p - c_{pz} z_p + p_c(t) \cdot f_m = 0; \quad 0 < t \leq t_{н.д}, \quad (8)$$

где: m_p – масса жидкой фазы фильтрата в промежутке между двумя ближайшими твердыми частицами в его среде. С учетом периодического равномерного перераспределения по фильтровальной подсистеме твердых частиц среды в процессе ее потокового виброударного фильтрования, величина m_p может быть принята приблизительно стабильной по всему объему подсистемы [15]. Текущее значение m_p можно рассчитать, исходя из начальной влажности U_n и массы m_c среды в фильтровальной подсистеме, плотности ее твердой ρ_m и жидкой ρ_c фаз, среднего диаметра d_m и массы m_m твердой частицы (d_m и m_m определяют методом ситового анализа, а также с допущением того, что все частицы имеют сферическую форму) [16, 17].

Потери давления в уравнении (1) определяем по формулам [12]:

$$\Delta p_{mp}(t) = \lambda_m \rho_{c.t} \frac{l_m}{d_m n_k} \frac{\dot{z}_p^2}{2},$$

$$\Delta p_{ex.n9}(t) = \zeta_{ex.n9} \rho_{c.t} \frac{\dot{z}_p^2}{2},$$

$$\Delta p_{p.n9}(t) = \zeta_{p.n9} \rho_{c.t} \frac{\dot{z}_p^2}{2}, \quad (9)$$

$$\Delta p_{ex.m}(t) = \zeta_{ex.m} \rho_{c.t} \frac{\dot{z}_p^2}{2}; 0 < t \leq t_{н.д},$$

где: λ_m – коэффициент гидравлического трения в каналах мембраны 3 [12], l_m, d_m, n_k – длина, гидравлический диаметр и число ее каналов; $\zeta_{ex.n9}, \zeta_{p.n9}, \zeta_{ex.m}$ – коэффициенты местных сопротивлений на входе в полость 9, на разветвлении в полости 9 и на входе в мембрану [18].

Уравнение движение твердой частицы записывается таким образом:

$$m_m \frac{\rho_p}{\rho_m} (\ddot{z}_m - g) - \alpha_{mz} \dot{z}_m - \quad 0 < t \leq t_{н.д}. \quad (10)$$

$$- c_{mz} z_m - \sigma_{0z} + p_c(t) \cdot f_m = 0.$$

Подставляем в формулы (1 – 10) численные значения экспериментально определенных физико-механических характеристик среды (спиртовой барды с $U_n = 96\%$), а также значения конструктивных и рабочих параметров стенда-прототипа [11] рассматриваемой установки (см. рис. 1), после преобразований получаем:

$$p_c = 4,61 \cdot 10^8 \cdot t + 2,87 \cdot 10^5 \cdot \ddot{z}_I - 2,09 \cdot 10^5 \cdot \dot{z}_I - 4,99 \cdot \dot{z}_m - 5,16 \cdot 10^8 z_m - 103,96 \cdot \dot{z}_p^2 - 135,14 \cdot \dot{z}_p - 1,84 \cdot 10^6, \quad (11)$$

$$z_I = 4,88 \cdot 10^{-2} t, \quad 1,2 \cdot 10^{-6} \ddot{z}_p - 0,13 \cdot \dot{z}_p + 1,87 \cdot 10^{-4} p_c - 1,17 \cdot 10^{-5} = 0, \quad 2,9 \cdot 10^{-6} \ddot{z}_m - 4,8 \cdot 10^{-3} \dot{z}_m - 4,97 \cdot 10^5 z_m + 1,87 \cdot 10^{-4} p_c - 74 = 0. \quad 0 < t \leq 0,067c.$$

С использованием уравнений (11) в среде Matlab Simulink R2007a составляем программу, блок схема которой представлена на рис. 3. На рис. 4 приведены рассчитанные с помощью программы графики $z_I(t), p_c(t)$. Резкое увеличение p_c до величины $p_{c.max}$ в начале рабочего цикла ГИП

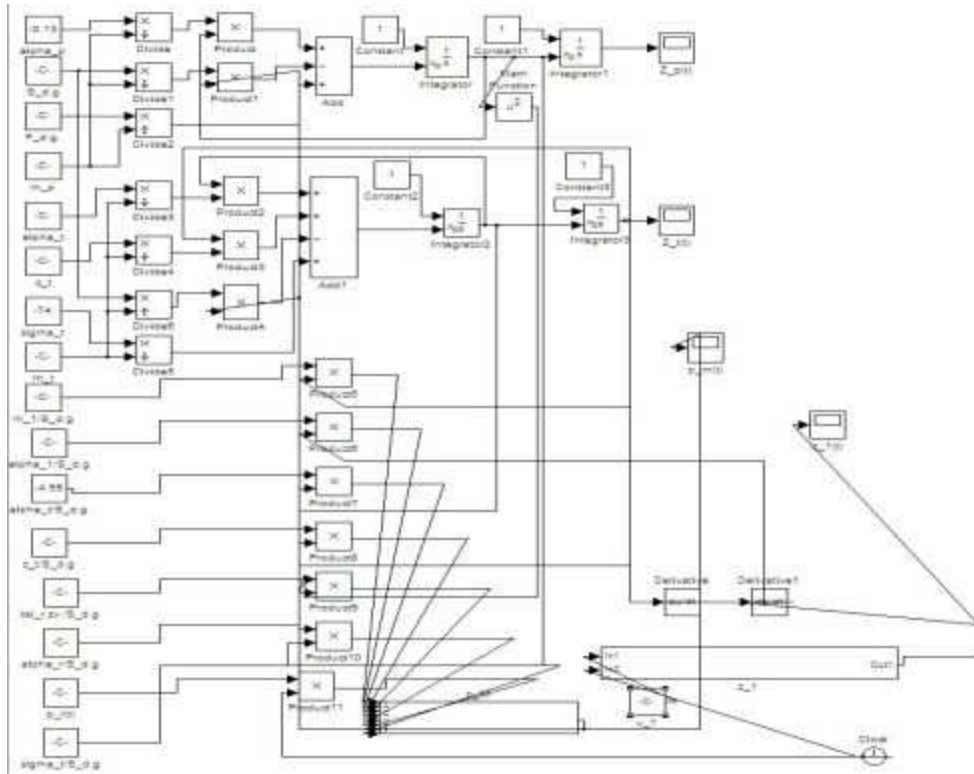


Рис. 3. Блок-схема Matlab-программы расчета рабочих параметров процессов потокового виброударного фильтрации на установке с ГИП на I-м этапе цикла его срабатывания
 Fig. 3. The block-scheme of the Matlab-program of calculation of working parameters of processes of flow vibro-blowing filtering on installation with GID on I-st stage of its operation

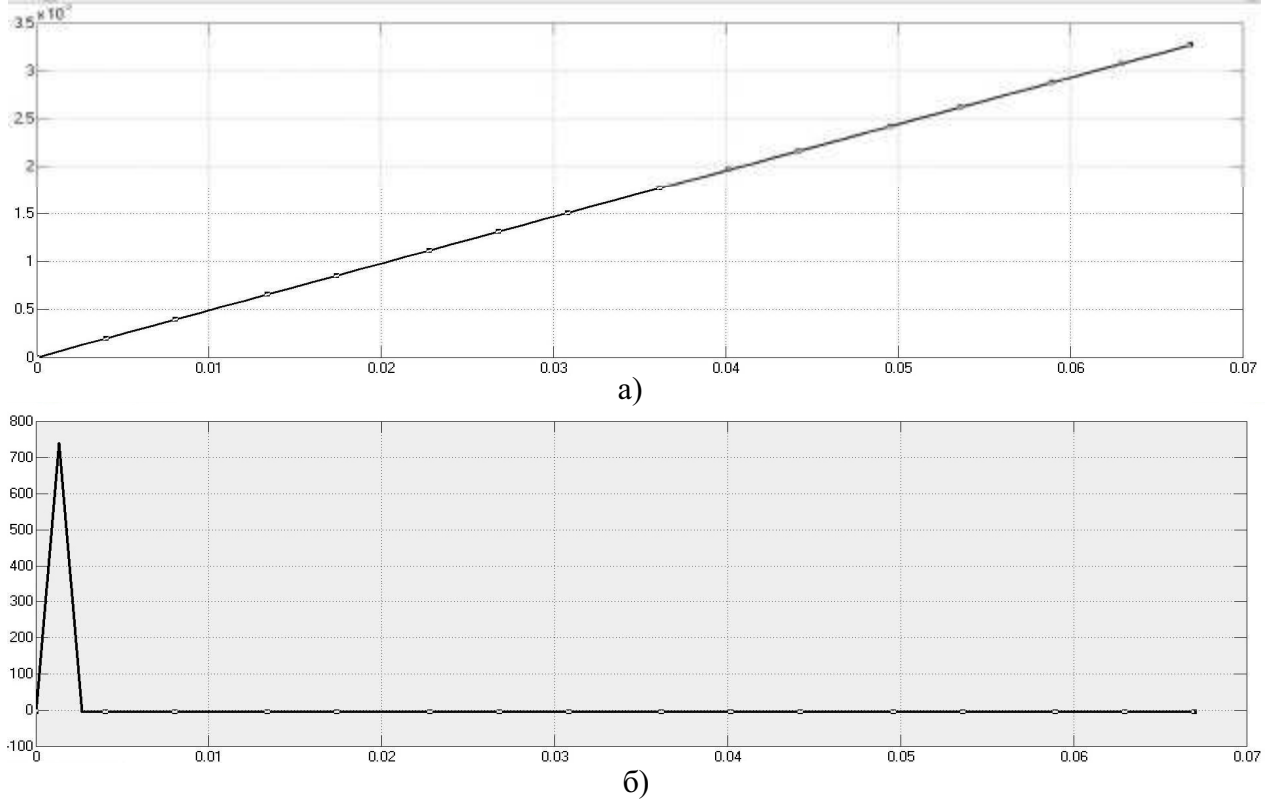


Рис. 4. Расчетные графики изменения во времени: а – перемещения z_I [м] поршня гидроцилиндра ГИП установки для потокового виброударного фильтрации; б – давления p_c [кПа] в фильтруемой среде
 в фильтруемой среде

Fig. 4. Calculated graphs of change in time: а - movement z_I [m] of the piston of hydrocylinder GIP of installation for flow vibro-blowing filtering; б - pressure p_c [kPa] in the filtered environment

обусловлено достаточно быстрым перемещением поршня 10 вверх (см. рис. 1) с ускорением $(8...10) \cdot g$ [19] и возникновением в следствии этого, в среде проходящей по каналам мембраны 3, ударной волны повышенного давления $\Delta p_{c.max}$ [9, 12].

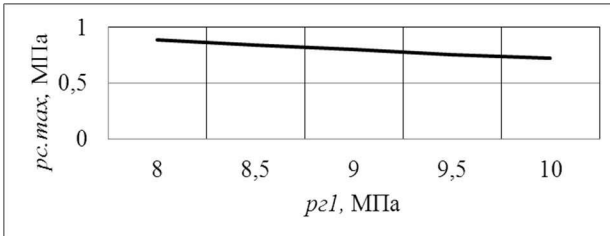


Рис. 5. Расчетная зависимость максимального давления $p_{c.max}$ в среде фильтрата спиртовой барды в процессе ее потокового виброударного фильтрования на установке с ГИП от максимального давления p_{z1} в полости гидроцилиндра ГИП

Fig. 5. Calculated dependence of the maximum pressure $p_{c.max}$ in the environment of a filtrate spirit bards in the course of it flow vibro-impacting filtering on installation with GID from the maximum pressure p_{z1} in cavity of hydrocylinder GID

Кроме того, на рис. 5 представлена расчетная зависимость $p_{c.max}$ от p_{z1} . Падение $p_{c.max}$ при увеличении p_{z1} можно объяснить тем, что с p_z прямо пропорциональной зависимостью связана длительность $t_{н.д}$ перемещения поршня 10 вверх (см. также рис. 2, б). В тоже время величина ударного приращения давления p_c в начале движения поршня может быть определена по формуле [9, 12]:

$$\Delta p_{c.max} = \frac{2 \cdot \rho_{c,l} v_{Icp} l_m}{t_{н.д}}, \quad (12)$$

где: v_{Icp} – средняя скорость перемещения поршня 10 в верхнее положение. Таким образом, в соответствии с формулой (12), при увеличении p_{z1} и $t_{н.д}$ значения $\Delta p_{c.max}$ и $p_{c.max}$ – уменьшаются.

Представленная на рис. 5 зависимость сопоставлялась с соответствующей экспериментальной зависимостью, полученной с помощью стенда-прототипа [11] на адекватных режимах, в процессе фильтрования аналогичной среды. При этом максимальная относительная величина расхождений расчетной и экспериментальной зависимостей не превышала 4,2%, что доказывает коррект-

ность предложенных в данной статье уравнений и формул.

ВЫВОДЫ

1. Одним из наиболее эффективных способов очистки влажных дисперсных материалов является способ потокового виброударного фильтрования на оборудовании с ГИП. В частности, по сравнению с потоковым безударным фильтрованием предлагаемый способ обеспечивает на 22% более высокую и стабильную производительность рабочего процесса.

2. Высокая эффективность предлагаемого способа обусловлена созданием в фильтруемой среде при его реализации волн напряжений и деформаций, обуславливающих периодическое повышение давления p_c в среде (в 3 – 4 раза) и увеличение скорости v_c ее перемещения. Последнее приводит к периодическому высокочастотному разрушению структурных образований с твердых частиц среды на внутренних поверхностях фильтровальной мембраны, уменьшения толщина слоя осадка на них, засорения пор мембраны, увеличению и стабилизации во времени производительности рабочего процесса.

3. Для обеспечения высокой производительности потокового виброударного фильтрования предложены экспериментально проверенные уравнения и зависимости, связывающие рабочие параметры исследуемых процессов с конструктивными параметрами оборудования с ГИП для их реализации и с физико-механическими характеристиками фильтруемой среды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Co-fermentation of sugar by-products with typical agricultural substrates/ [V. Kryvoruchko, T. Amon, B. Amon, V. Dubrovin, M. Melnychuk, E. Krasowski]// MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 14-3. 32 – 39.
2. Turovsky I. S. 1985. Obrabotka osadkov stochnyh vod – M.: Stroyizdat, – 256.
3. Vetoshkin A. G. 2004. Tehnologiya zashchity okruzhayushey sredy (teoreticheskie osnovy). Uchebnoe posobie – Penza: Izdatelstvo Penzenskogo tehnologicheskogo instituta, – 249.
4. Efendiev O. F., Chizhikov. V. I. 1977. Elektroochistka zhidkostey v pishevoy pro-

myshlennosti. – M.: Pischevaya promyshlennost, – 150.

5. Atkinson B. 1979. Biohimicheskie reak-tory. – M.: Pischevaya promyshlennost, 280.

6. Kulalaeva N., Mihaylyuk V., Petrov I. 2012. Issledovanie osobennostey primeneniya nano-tehnologii dlya ochistki neftesoderzhashih stochnyh vod // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 14-2. 74 – 83.

7. Valentas K. J., Rotshtain E., Singh R. P. 2004. Pischevaya injeneriya: spravochnik s primerami raschetov. – SPb.: Professiya, – 848.

8. Iskovich-Lototsky R. D., R. R. Obertyuh, I. V. Sevostyanov. 2006. Processy ta mashiny vibratsiynyh i vibroudarnyh tehnologiy. Mono-grafiya/ Iskovich-Lototsky R. D., – Vinnyca: Universum, – 291.

9. Sevostyanov I. V. Iskovich-Lototsky R. D., Obertyuh R. R. 2008. Teoretychni osnovy processiv filtruvannya vologih dispersnyh materialiv pid vplyvom udarnyh hvyl naprug ta de-formatsiy // Promyslova gidravlika ta pnevmatika, – No 2. 40 – 43.

10. Pat. 60694 U, Ukraina, MPK B21J 9/06: Vibratsiyna gidroimpulsna ustanovka/ Sevostya-nov I. V., Iskovich-Lototsky R. D., Lyubin S. V. (Ukraina). - №u201014687; Zayavleno 07.12.2010; Opublikovano 25.06.2011. Byule-ten No 12, 2011 r.

11. Sevostyanov I. V., Iskovich-Lototsky R. D., Lyubin S. V. 2010. Eksperimentalni doslid-jennya processiv potokovogo vibroudarnogo filtruvannya vologih dispersnyh materialiv // Promyslova gidravlika ta pnevmatika, – No 4. 89–92.

12. Bashta T. M. Nekrasov B. B. 1982. Gi-dravlika, gidromashyny i gidroprivody. – M.: Mashinostroeniye, – 423.

13. Iskovich-Lototsky R. D. 2006. Osnovy teorii rozrahunku ta rozrobka prozessiv i oblad-nannya dlya vibroudarnogo presuvannya. Mo-nografiya. – Vinnyca: Universum, – 338.

14. Krutov V. I. 1989. Osnovy nauchnyh is-sledovaniy: Uchebnoe posobie dlya techn. vu-zov. – M.: Vysshaya shkola, 400.

15. Sevostyanov I. V., Iskovich-Lototsky R. D. 2008. Vyznachennya robochih parametriv processiv vibroudarnogo separuvannya vologih dispersnyh materialiv // Naukovi Notatki. Mezhvuzivskiy zbirnyk (za napryamom “Inzhe-nerna mehanika”), – Vol. 23, 282 – 292.

16. Fedotkin I. M. 1974. Fiziko-tehnicheskie osnovy vlagometrii v pishевой promyshlennos-ty – K.: Technika, 320.

17. Goncharevich I. F. 1977. Vibratsionnaya tehnik v pishевой promyshlennosti – M. Pi-shevaya promyshlennost, 279.

18. Chugayev R. R. 1982. Gidravlika: Uchebnyk dlya vuzov. – L.: Energoizdat. Leni-ngradskoye otdelenie, 672.

19. Iskovich-Lototsky R. D., Matveev I. B., Krat V. A. 1982. Mashyny vibratsionnogo I vi-broudarnogo deystviya/ Iskovich-Lototsky R. D., – K.: Tehnika. 208.

THEORETICAL RESEARCHES OF PROCESSES OF FLOW VIBRO-BLOWING FILTERING OF THE DAMP DISPERSE ENVIRONMENTS IN THE FOOD-PROCESSING INDUSTRY

Summary. Main results of theoretical re-searches of processes flow vibro-blowing filter-ing of damp disperse environments in the food-processing industry, are presented in this article. In particular, the scheme of installation with a hydraulic pulse drive for realization of ex-aminated processes, regularities of their course and efficiency, the equation for calculation of the main working parameters of processes, de-signed dependences of the given parameters and their analysis, are presented.

Key words: vibro-blowing filtering, damp disperse material, hydraulic pulse drive.

РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА УКРАИНЫ

Георгий Черевко, Олег Крупич, Роман Крупич
Львовский национальный аграрный университет,
г. Дубляны, ул. Владимира Великого 1
Georgij Cherevko, Oleg Krupych, Roman Krupych
Lviv National Agrarian University

Аннотация. Представлены основные результаты исследования современного состояния материально-технической базы предприятий сельского хозяйства Украины и определены основные тенденции в процессах ее формирования. Показана динамика и структура снабжения сельскохозяйственной техникой из-за границы. Особенное внимание обращается на возрастающую роль дилеров ведущих производителей сельскохозяйственной техники. Дана характеристика основных дилеров сельскохозяйственной техники в Украине, условия формирования дилерской системы и особенности конкурентной борьбы между дилерами за рынки сбыта и клиентов. Осуществлена оценка состояния и возможностей развития отечественного сельскохозяйственного машиностроения и определены необходимые для этого условия.

Ключевые слова: сельскохозяйственные предприятия, материально-техническая база, дилеры, импорт, отечественные производители, государственная поддержка.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Материально-техническая база играет роль, равновеликую с другими составляющими триединого комплекса факторов производства – землей, капиталом и трудом. Но существующая в Украине материально-техническая база сельского хозяйства на сегодня крайне деструктурирована, преимущественно устаревшая, изношенная и ее формирование осуществляется практически бессистемно. Новым в этом процессе является формирование материально-технической базы сельскохозяйственных предприятий на фоне создания новых организационно-правовых форм хозяйствования сельскохозяйственных производителей и новых организационно-правовых форм и каналов их материально-технического обеспечения. Относи-

тельная новизна этих явлений требует их основательного анализа и соответствующего нового подхода к оценке и выбору наиболее целесообразных путей и форм материально-технического обеспечения предприятий сельского хозяйства с учетом возможностей его осуществления как за счет импорта материально-технических ресурсов на основе развития дилерской сети ведущих производителей сельскохозяйственной техники, так и за счет регенерации отечественного сельскохозяйственного машиностроения.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Научное наследие ученых в сфере формирования и исследования материально-технической базы сельского хозяйства составляет довольно широкий круг результатов основательных научных исследований таких известных в своей области знаний ученых, как И. Бланк, Я. Билоусько, Я. Головка, М. Демьяненко, П. Денисенко, М. Джонк, В. Евтушенко, Л. Гитман, Д. Кейнс, В. Котелянец, Л. Лопатников, Є. Мних, Г. Пидлисецкий, А. Пересада, В. Питулько, П. Саблук, О. Сидорчук, В. Товстопят, Н. Ушакова, В. Шибанин, В. Яковенко и ряд других. Но существующее на сегодня неудовлетворительное состояние материально-технической базы сельского хозяйства Украины, динамичные изменения в среде, в которой происходят процессы формирования и использования материально-технической базы сельского хозяйства, свидетельствуют об отсутствии широкомасштабных положительных тенденций к улучшению ситуации и о высокой актуальности продолжения и углубления исследований факторов, влияющих на характер упомянутых тенденций, а также поиска путей эффективного использования этих факторов с целью оптимизации материально-технической базы и создания системы ее

формирования, что, соответственно, обеспечивает достаточно широкое поле для проведения таких исследований.

ПОСТАНОВКА ЗАДАНИЯ

Задаaniem данной статьи является представление результатов исследования возможных путей развития системы формирования материально-технической базы сельского хозяйства в Украине на основе расширения возможностей импорта сельскохозяйственной техники посредством расширения сети дилеров ведущих ее производителей и содействия развитию отечественного сельскохозяйственного машиностроения.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Динамика развития сельского хозяйства, технический прогресс и экономические предпосылки обуславливают количественные, а еще больше – качественные изменения в парке сельскохозяйственных машин [21, с. 107]. Но состояние материально-технической базы сельского хозяйства Украины на сегодня целиком обосновано можно охарактеризовать как неудовлетворительное как в количественном, так и в качественном плане, поскольку техника физически и морально устарела, к тому же, уже на момент своего создания она уступала по классу, качеству и эффективностью работы лучшим зарубежным образцам [2, с. 12].

Возраст 62% комбайнов в Украине уже перевалил за 20 лет; 28% тракторов достигли возраста в 15-20 лет, а 51% – отслужили более 20 лет [14, с. 28]. Существующая система технического сервиса в стране сводится преимущественно (за исключением фирменного сервисного обслуживания) к продаже запасных частей. Качество последних на отечественном рынке превратилось в направление сверхприбыльного бизнеса и беду для сельхозпроизводителей [22, 108].

Сегодня рентабельность торговли запасными частями в 10 раз превышает рентабельность в сфере продажи техники (20-40% против 2-3%) [8, 87]. Отсутствие современных ремонтных технологий, соответствующих моющих средств, специальных стендов для режимов холодной и горячей обкатки двигателей, эффективной аппаратуры для

технической диагностики превратили процесс классического ремонта на тривиальную разборку-сборку технических средств, которая, к тому же, осуществляется недостаточно квалифицированно и с низким качеством.

Проблема состоит и в том, что современные сельскохозяйственные предприятия или не имеют средств, или просто не заботятся о качестве хранения техники. Данные выборочного обследования хозяйств отдельных районов Львовской области показали, что наилучшим образом ее хранят в фермерских хозяйствах – в среднем только 46% технических средств здесь «зимует» под открытым небом. В частных хозяйствах этот показатель достигает 54%, в хозяйственных товариществах – 73%. То есть, основная масса технических средств хранится в несоответствующих необходимому уровню условиях.

К обозначенным проблемам прибавляется ухудшение кадрового состава персонала, непосредственно работающего на сельскохозяйственных машинах, обслуживающего и использующего сельскохозяйственную технику: значительная часть его в результате повышения уровня безработицы как следствия ликвидации крупных сельскохозяйственных предприятий вынуждена была вообще уйти из сельского хозяйства.

Такое состояние материально-технической базы сельского хозяйства обуславливает, кроме усиления деградации земель, снижение уровня их плодородия, неоправданный рост объема затрат топлива и смазочных материалов, а конечном итоге – удорожание сельскохозяйственной продукции. Перевод хотя бы половины тракторного парка на машины с мощностью двигателя в 250-400 лошадиных сил дало бы возможность отечественному агросектору ежегодно экономить только на дизельном топливе 2,5-4 млрд грн [18, 4].

По мнению ученых, в каждой сфере деятельности всегда существует определенный процесс, являющийся в ней основным, базовым, и реализация которого приносит необходимые эффекты всей этой сферы деятельности [19, 145].

В сфере функционирования материально-технической базы сельского хозяйства таким ответственным процессом факторного характера является материально-техническое

снабжение. Основных направлений улучшения состояния материально-технической базы сельского хозяйства в Украине объективно существует два: или за счет ее пополнения техникой отечественного производства, или – импортной.

Украинские заводы-производители сельскохозяйственной техники находятся в сложном финансово-экономическом положении. Они сравнительно маломощны, их конструкторская база относительно слабая, конкурентоспособность – невысокая, кооперация производства – на низком уровне развития [3, 35]. Темпы производства сельскохозяйственной техники в стране (не говоря уже о ее качестве) на сегодня не прибавляют оптимизма насчет быстрого улучшения материально-технической базы сельского хозяйства за счет отечественного тракторостроения, которое способно ежегодно производить только 300 единиц зерноуборочных комбайнов и около 5 тыс. тракторов (покупателей на которые еще надо поискать) [14, с. 28]. В Украине только один завод способен производить комбайны; только несколько собирают трактора, которые минимум на 20% (а согласно некоторым оценкам – уже наполовину) состоят из деталей иностранного производства; двигателей для тракторов и комбайнов в Украине практически не производится вообще; ассортимент продукции отечественного производства не идет ни в какое сравнение с зарубежными; сервисное обслуживание отечественной техники также является проблематичным [14, 28]. Поэтому без импорта сельскохозяйственной техники нам пока что обойтись практически невозможно. Тем более, что совершенствование технологий и необходимость повышения производительности требуют и более мощных и надежных технических средств, в результате чего наибольшее распространение в Украине получила импортная техника [1, 3].

О крайне низком уровне современного украинского сельскохозяйственного машиностроения и отсутствии надлежащей государственной политики в этом секторе свидетельствует хотя бы тот простой факт, что такой распространенный в развитых странах инструмент, как производство техники по лицензии, пока практически не применяется.

Первые значительные контракты на поставки в Украину значительной партии заграничной техники связаны с агропромышленной ассоциацией «Земля и люди». Эти поставки состоялись еще в 1993 году, но и сегодня украинские фермеры перекупают те комбайны, уже з большой наработкой и капремонтами, но еще живые и трудоспособные [5, 13].

В конце 90-х годов прошлого столетия в Украину вошли и другие большие партии зерноуборочных комбайнов, и именно тогда началась в стране эпоха первых больших дилеров, в обиход вошло понятие дилерского сервиса. Однако становление этого класса компаний происходило в нелегких условиях. Параллельным курсом развивалась индустрия изготовления дешевых запчастей-аналогов, производящихся преимущественно кустарным способом. Кроме того, возрастали объемы ввоза бывшей в употреблении техники, которая часто работала до первой серьезной поломки и потом шла на запчасти. Известны случаи, когда хозяйства завозили для собственных нужд зерноуборочные комбайны в возрасте по 30-35 лет и, окончательно их «добив», просто сдавали на металлолом [5, 13].

Перелом в ситуации наступил в начале 2000 года, коли был принят закон об аренде земли. Арендаторы начали не только наращивать обрабатываемые площади, но и искать соответствующее техническое обеспечение, что обусловило возрастание спроса на мощную высокопроизводительную технику, а это создало условия для появления и развития компаний, получающих представительские права от мировых брендов машинопроизводителей. Однако украинские фермеры и крупные хозяйства с годами становились все более требовательными к продавцам сельскохозяйственной техники и ассортимент импортных машин и оборудования стремительно расширялся. Теперь нашим аграриям не так просто продать что-нибудь с иностранным названием и символикой. Они сначала интересуются опытом хозяйств из других регионов, использующих ее, изучают проблемы, характерные для той или иной марки техники, наполнение рынка запасными частями, а еще – можно ли приобрести технику в кредит, ведь для большинства хо-

зайств купить ее сразу и за полную стоимость – недостижимая роскошь.

Уже сегодня объем импортной техники на внутреннем рынке составляет 80% (против 30% в 2003 г.) [14, 28]. Основную часть импортной сельскохозяйственной техники составляют зерноуборочные комбайны и трактора. В 2011 г. в Украину импортировано более, чем 2700 зерноуборочных комбайнов на сумму около 330 млн дол. Среди торговых марок в стоимостном выражении в Украине лидируют Claas (515 шт., 25,3% общего импорта комбайнов), John Deere (385 шт., 17,4%), «Палессе» (467 шт., 15,1%), а среди компаний-импортеров на первых местах находятся «Техноторг-Дон» (496 шт., 16,2% общего импорта комбайнов в Украину) и «Ростсельмаш» (236 шт., 7,4%), за которыми идут импортеры американских и европейских комбайнов «Райз» (95 шт., 6,5%), «Агротек» (76 шт., 5,2%), «НОВОФАРМ» (83 шт., 4,6%), «Еридон-Тех» (67 шт., 4%) [8, 86].

В течение этого периода в Украину импортировано более 10 тыс. тракторов мощностью свыше 80 к.с. на сумму 330 млн дол. Среди торговых марок в этом секторе сельскохозяйственной техники лидируют МТЗ (8957 шт., 47,2 % общего импорта тракторов), John Deere (519 шт., 19,0%), Case (310 шт., 11,3%), New Holland (183 шт., 6,5%). Среди компаний-импортеров можно выделить «Техноторг-Дон» (4653 шт., 24,7% общего импорта тракторов в Украину) и Торговый Дом «МТЗ-Беларусь-Украина (2562 шт., 14,0%), за которыми идут импортеры американских и европейских тракторов «НОВОФАРМ» (158 шт., 6,1%), «Агротек» (140 шт., 5,7%), Агростроительный альянс «Астра» (11 шт., 5,5%) [8, 86]. Среди тракторов, ввезенных в Украину, наибольшую долю составляют трактора мощностью 250-350 л.с. и, учитывая необходимость интенсификации и оптимизации сельскохозяйственного производства, интерес к этой технике будет расти и дальше [11, 5]. К наиболее популярным в Украине моделям мировых производителей тракторов для сельского хозяйства можно отнести Claas Atlas, Claas Xerion, John Deere 8430 и John Deere 8530, Case Magnum, New Holland, Fendt Vario,

Fendt 930 и John Deere 936, Massey Ferguson 8480 [11, 8].

Все большую популярность среди импортной техники в Украине получают изделия компании John Deere, стоимость бренда которой, согласно данным рейтинга Interbrand¹, составляет 4,221 млрд дол США и которая в рейтинге среди 100 лучших мировых брендов в свою 175 годовщину занимает 85 место, опережая такие известные бренды как Starbucks, MasterCard, Harley Davidson и Ferrari [4; 10]. По словам генерального директора компании John Deere в Украине Петера Кримма, сегодня их технику здесь продают семь официальных дилеров: ТОВ «Агро Галс Моторс», ТОВ «Агротек», ПАТ «Компания Райз», ТОВ «Ландех», ТОВ «Механи К», ТОВ «РДО Украина», ТОВ «Юпитер 9 Агросервис», а в ближайшие два года планируется расширить сеть дилерских отделений до 26-27 против сегодняшних 20, то есть в каждой области Украины будет действовать офис официального дилера компании [23, 5]. Ведущим официальным дилером компании John Deere в Украине является ТОВ «Агротек», которое в 2012 г. отметило свой первый 10-летний юбилей. О высокой динамичности развития этой компании свидетельствует хотя бы тот факт, что за последние два года в ее развитие инвестировано более 30 млн дол. [7].

Согласно оценки президента Украинского клуба аграрного бизнеса Алекса Лисситсы, после того, как сорок лет украинский сельхозпроизводитель мордовался со «Славутичем», Ростсельмашем, «Палессем», в технике John Deere он увидел другую цивилизацию» [17, 40]. Большим преимуществом тракторов John Deere является то, что почти все составные, включая двигатели, изготавливаются компанией на собственных предприятиях [11, 8]. Кроме того, согласно данных исследований, проведенных компанией Eichberg Consulting, John Deere занимает первую позицию в рейтинге наиболее инновационных производителей сельскохозяйст-

¹ Методология Interbrand по оценке стоимости брендов сертифицирована по стандартам ISO и она дает возможность анализировать преимущества, которые бренд обеспечивает организации: от конечных результатов деятельности до уровня удовлетворения ожиданий клиентов.

венной техники и оборудования в Европе и является самым крупным производителем сельскохозяйственной техники в мире – инвестиции в исследования и разработки в 2011 г. составили более 1,2 млрд. дол. [9, 82].

Конкуренция среди дилеров обостряется и становится все жестче. Этому способствуют такие факторы как укрупнение агрохолдингов, становящихся все более требовательными к технике; выравнивание ценовых и качественных показателей машин, что ставит на первое место сервис и финансовые возможности дилера в кредитовании хозяйств. Поэтому имеют место усиление борьбы между дилерами за сельскохозяйственного производителя как потенциального клиента и диверсификация деятельности дилеров в сфере рекламы и представления своих преимуществ. В 2012 г презентовала свое представительство в Украине компания Titan Machinery Ukraine (TMU) – официальный дилер Case IH и мощный дистрибьютор техники Case Construction, New Holland, New Holland Construction, работники которой главным преимуществом своей компании считают предоставление высококачественного послепродажного сервиса, то есть своевременные поставки запасных частей и техническое обслуживание на высоком уровне. При правильном подходе к выбору запасных частей и сервиса техника сама себя продвигает, и для ее продвижения на рынке не нужно тратить дополнительные усилия [20].

В ходе конкурентной борьбы за рынки сбыта в Украине компании и их дилеры применяют все новые технологии продажи техники. Новое качественное финансовое решение для приобретения высококачественной техники украинскими аграриями предложила американская компания John Deere – теперь как крупные агрохолдинги, так и мелкие и средние по размерам аграрные предприятия имеют возможность воспользоваться среднесрочным кредитом до 5 лет от Райффайзен Банка Аваль и Райффайзен Лизинг Аваль и приобрести необходимый для своего хозяйства трактор, комбайн или другое оборудование производства John Deere с годовыми ставками от 1% [23]. И это при том, что для отечественного сельскохозяйственного машиностроения стоимость

кредитных ресурсов достигает 18-20% годовых [12, 18].

К этому следует присовокупить и тот факт, что компании-производители и торговые марки, занимающие лидирующие позиции на украинском рынке сельскохозяйственных технических средств, находятся все еще в процессе формирования своих дилерских сетей, развивающихся главным образом по региональному принципу, что определяет некоторое изменение ориентации конкуренции между дилерами этой техники с ценовой на сервисную в части обеспечения послепродажного ее сопровождения. А нужный спрос и высокая концентрация техники при региональной ориентации конкуренции между дилерами создают возможности для обеспечения им удовлетворительного объема оборота с реализации техники, запчастей к ней и ее сервиса.

Стать официальным дилером крупной компании-производителя или торговой марки сельскохозяйственной техники не так просто: для этого нужно заслужить хорошую репутацию в сфере соответствующих взаимоотношений, и, кроме того, осуществить необходимые инвестиции в размере 2 млн. евро в сервисный центр, 1,5 млн. евро – в склад техники и 1 млн. евро – в склад запчастей, который должен постоянно поновляться. При этом «плече» доставки запчастей от дилерского центра и сервисного обеспечения хозяйств не должно превышать 100 км» [8, с. 87]. Очевидно, что далеко не все задействованные в сфере продажи сельскохозяйственной техники могут иметь возможность осуществить такие довольно значительные инвестиции – для этого нужны достаточно большие объемы продажи техники

Кроме того, компании-производители все большее внимание обращают на способность компаний-дилеров соответствовать поставленным требованиям. Например, New Holland и Case, представительства которых появились в Украине в 1997 г. и сначала функционировали отдельно, но со временем объединились в CNH, теперь работают через одного общего дилера. Имеют к нему такие требования: чувствоваться сильным на рынке, иметь надежную финансовую основу, чтобы быть готовым к неожиданным требованиям клиентов. Еще одно требование –

подбор высокопрофессиональных специалистов [15]. Фирма CLAAS представляет свою технику в Украине уже 20 лет через сеть официальных дилеров, разделенных по регионам. Основными требованиями фирмы к своим дилерам является наличие современных складов запчастей, сервисных и учебных центров во всех регионах страны. Очень важным для компании является оперативный мобильный сервис, поэтому сервисные автомобили должны быть полностью укомплектованы необходимым инструментом для оперативной диагностики, замены смазочных материалов, несложного ремонта и т.д. Все инженеры и сервисные механики дилерских сервисных служб ежегодно проходят обучение в Академии компании в Германии [15].

Характерной чертой для отечественных дилеров импортной сельскохозяйственной техники на сегодня является практически полный отказ от услуг субдилеров, поскольку последние не имеют надлежащей мотивации и не видят перспективы собственной деятельности [16, 22]. Тогда как, например, в Германии компания Mager&Wedemeyer (работает уже 108 лет!) 70% продажи осуществляет через субдилеров, которых у нее около 50 и которые за это получают соответствующие комиссионные (за то, что нашли клиента и продолжают обеспечивать ему необходимый сервис. Хотя, справедливости ради, следует обратить внимание на наличие определенной тенденции к некоторому уменьшению доли этого варианта продажи [13, 24]. Основными клиентами указанной компании (80% продажи сельхозтехники) являются фирмы-контракторы (около 600!), которые оказывают фермерам постоянные услуги по обработке почвы, при этом львиную долю прибыли фирме приносят сервис и продажа запчастей, тогда как собственно реализация сельхозтехники идет почти с нулевой маржей. Trade-in дилерская сеть Mager&Wedemeyer осуществляет уже на протяжении 80 лет [13, 24], тогда как в Украине этим видом бизнеса занимаются только отдельные дилеры, в частности «Волынская фондовая компания», «Цепеллин Украина», а наиболее – «Амако Украина», которая была первой в стране компанией, реально начавшей работать по этой

схеме и постоянно развивающей это направление деятельности.

Относительно новой тенденцией в формировании материально-технической базы сельского хозяйства в Украине является смена соотношения между новой и бывшей в употреблении техникой. Если рассчитывать соответствующие показатели в стоимостном выражении, то на сегодня более 80% комбайнов и более 90% тракторов поставляются в Украину новыми, что объективно можно оценить как явление в общем положительное, особенно, если эти данные сравнить с ситуацией нескольколетней давности, когда, например, в 2010 г., согласно данным Министра аграрной политики и продовольствия Украины г. Н. Присяжнюка, в страну завезли 1700 зерноуборочных комбайнов, из которых 1100 – бывших в употреблении [14, 28]. Основным фактором такого положительного влияния на смену характера тенденции в указанной сфере является то, что крупные дилеры, как правило, больше внимания уделяют именно новой технике, а мелкие компании занимаются преимущественно использованной техникой, в связи с чем объемы ввоза новой техники превышают объемы ввоза техники, бывшей в употреблении, к тому же и ввозить новую технику легче.

Но, поскольку потребности сельскохозяйственных производителей в технике пока еще достаточно значительны, структурные изменения на рынке сельскохозяйственной техники могут иметь дальнейшее развитие, направление которого предвидеть пока довольно проблематично – все будет зависеть от того, насколько успешным будет в Украине развитие крупнотоварного производства сельскохозяйственной продукции в форме хотя бы уже упомянутых агрохолдингов как основных клиентов дилеров сельскохозяйственной техники – на сегодня в Украине практически только они и некоторые другие крупнотоварные и большие по размерам сельскохозяйственные предприятия имеют возможность инвестировать в современную сельскохозяйственную технику, поскольку, используя свои экономические, а значит и политические преимущества, получают кредиты или привлекают средства через IPO. Согласно с оценкой представителя Немецкого союза производителей сельско-

хозяйственной техники Александра Гауса, на сегодня регулярным обновлением техники в Украине занимается не более 100 сельскохозяйственных предприятий [17, 41].

С уверенностью можно сейчас сказать лишь то, что объемы рынка сельскохозяйственной техники в Украине в дальнейшем будут возрастать. Большинство украинских аграриев, придя в себя после кризиса, поняли, что наиболее выгодными капитальными вложениями являются вложения в обновление и расширение собственной материально-технической базы, которая уже давно этого требовала. При этом, с насыщением рынка и производителей сельскохозяйственной продукции техническими средствами в структуре рыночного оборота в этом секторе будет возрастать доля запчастей, что будет сопровождаться и соответствующим ростом рентабельности этого направления продажи. Поэтому уже сегодня наличие мощного современного склада запасных частей с автоматизированной системой поиска и современной ремонтно-диагностической базы является серьезной предпосылкой для создания в ближайшем будущем весомых конкурентных преимуществ.

Пока что рынок бывшей в употреблении сельскохозяйственной техники в Украине между собой делят бренды John Deere и CLAAS, имеющие сравнительно хорошо налаженную систему обеспечения запасными частями, что, вместе с высокой популярностью их торговых марок, формирует значительный спрос именно на эту технику со стороны и не столь крупных производителей.

В то же время, расчеты показывают, что для государства на сегодня все-таки имеет смысл вкладывать средства в производство собственной сельскохозяйственной техники. В частности, заслуживает внимания то, что 4-9 таких машин, хотя и с низшей производительностью, стоят в 3-7 раз меньше, чем единица аналогичной техники иностранного производства. При практически одинаковых технических характеристиках украинский трактор ХТЗ-1631 дешевле американского аналога "John Deere-8120" почти в четыре раза. Импортная техника имеет эксплуатационные издержки в 1,5-2 раза выше, по сравнению с отечественными аналогами. Отно-

сительно надежности, то результаты исследований свидетельствуют о том, что в первые годы эксплуатации в хозяйствах отечественные трактора имеют наработку на отказ в 2-3 раза меньшую, чем, например, американские. Но, с увеличением термина эксплуатации, наработка на отказ у отечественных тракторов начинает возрастать [3, 33]. Очевидно, это связано со спецификой структуры продаж техники, например, на американском рынке: часть фермеров ее практически не ремонтируют, а после 3-4 лет гарантийной эксплуатации просто продает. Другая часть склонна к приобретению именно использованной техники, в 4-5 раз дешевле новой техники, инвестируя больше средств в ее обслуживание и ремонт. В наших условиях новую импортную технику может себе позволить далеко не каждое сельскохозяйственное предприятие, а нужных сервисных структур для ее обслуживания в достаточном количестве в Украине еще не создано.

Кроме того, иностранная энергонасыщенная техника недостаточно приспособлена к агрегатированию с отечественными рабочими машинами и требует значительных площадей для работы. Иностранный фактор в решении проблемы развития отечественного сельскохозяйственного машино- и тракторостроения можно более эффективно задействовать в форме кооперации иностранных и отечественных производителей техники с расширением использования современных материалов и качественной элементной базы машин.

Относительно государственной поддержки развития отечественного сельскохозяйственного машиностроения следует иметь в виду, что поддерживать отечественного производителя – дело благородное, но просто поддерживать его – мало, большинство предприятий следует перестроить и переоборудовать заново [14, 28].

Реальным шагом в направлении улучшения государственной политики в сфере материально-технического снабжения сельскохозяйственных предприятий могло бы быть принятие решения насчет осуществления бюджетных ассигнований на техническое переоснащение украинских производителей сельскохозяйственной техники и на развитие инфраструктуры рынка сельскохозяйствен-

ных машин в размере хотя бы 1% от объема затратной части государственного бюджета. Кроме того, государство должно содействовать развитию кооперации предприятий по производству сельскохозяйственной техники, что даст возможность значительно ее удешевить и осовременить.

Этому должны бы способствовать и определенные шаги на пути финансовой поддержки производителей техники посредством, например, создания для них «налоговых каникул» или линий государственного кредита на льготных условиях и т.д., не говоря уже о прямом субсидировании или дотировании этих отраслей.

Перспективным направлением в решении указанной проблемы может быть и создание отечественными производителями сельскохозяйственной техники дилерской системы по реализации этой продукции с разработкой региональной системы снабжения ее потребителей, для чего нужно кардинальное развитие маркетинговой деятельности самих производителей [6, 23-27].

Кроме того, существенными и архиважными вопросами являются уровень качества и уровень надежности сельскохозяйственной техники отечественного производства, повышение которых – решающий фактор увеличения спроса на нее.

ВЫВОДЫ

1. Состояние материально-технической базы сельского хозяйства в Украине на сегодня не соответствует современным требованиям и перспективам дальнейшего развития отрасли. Основными факторами такой ситуации являются: низкая инвестиционная привлекательность сельскохозяйственных предприятий; отсутствие в стране государственной технической политики в сфере сельского хозяйства и налаженной системы материально-технического снабжения; отсутствие финансирования научно-исследовательских работ в сфере производства машин и оборудования и их использования в сельском хозяйстве; некачественное хранение сельскохозяйственной техники; отсутствие системы подготовки кадров для работы на сложной сельскохозяйственной технике и в сфере ее обслуживания; сложное финансово-экономическое

положение отечественных заводов-производителей сельскохозяйственной техники и низкое ее качество.

2. Возможностей улучшения состояния материально-технической базы сельского хозяйства в Украине потенциально существует два: импорт материальных ресурсов иностранного производства или развитие отечественного сельскохозяйственного машиностроения. Существующие мощности отечественного сельскохозяйственного машиностроения и объемы необходимых капитальных вложений в его нужное развитие не вселяют надежды на возможность удовлетворения потребностей сельскохозяйственных производителей страны в необходимых им средствах производства в ближайшей и в более отдаленной перспективе. Поэтому на сегодня наиболее реальным путем решения проблемы является, все-таки, импорт техники, и этот процесс уже начался и осуществляется довольно интенсивно через все более разветвленную в Украине сеть дилеров ведущих мировых производителей этих материальных ресурсов. Присутствие на отечественном рынке импортной техники и дилеров мировых ее производителей сегодня – явление положительное, поскольку оно повышает уровень обеспеченности отечественных производителей качественной техникой и уровень конкуренции на рынке технических средств.

3. Основными путями улучшения обеспечения сельскохозяйственных предприятий техникой являются: государственное содействие развитию отечественного сельскохозяйственного машино- и тракторостроения в кооперации с иностранными предприятиями, создание системы ремонтно-сервисного обслуживания и надлежащей инфраструктуры рынка сельскохозяйственной техники и системы подготовки кадров для работы с сельскохозяйственной техникой. Развитие отечественного сельскохозяйственного машиностроения возможно только при наличии мощного государственного содействия в конструктивной перестройке машиностроительных заводов этого сектора. Целесообразным является также увеличение объема средств на проведение научных исследований в сфере

разработки и совершенствования сельскохозяйственных машин, оборудования и тракторов с целью повышения их конкурентоспособности. Этому должна способствовать и государственная техническая политика и создание отечественного сельскохозяйственного машиностроения за счет концентрации на этом направлении средств, которые можно получить вследствие переориентации финансовых потоков в стране.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Babickij L. 2012. Kompleks peredviznykh sredstv tehničeskoho obslužyvanija i diahnostiki kak osnova resursosberhažushchyh tehnologij tehničeskoho servisa APK Ukrainy // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture - Lublin, Vol.14. No. 5, 3-7.
2. Beznar F. 2007. Tehnika APK: Dosvid Vinnychyny. Ahrarnyj tyzden. №20 (020).12.
3. Bilousko Ja. K. Investycyjne zabezpečennja tehniko-tehnologičnoho pereosnashčennja ahrarnoho vyrobnyctva // Ekonomika APK. – №6. 32-35.
4. Brend John Deere «nabrav vahy» // Propozytsija. – 2012. – №11. 8.
5. Horda O. 2012. Vid vytokiv do siohodennja // The Ukrainian Farmer. – №1. 13-14.
6. Derevets I.S. 2007. Servisna baza dylerskyh pidprujemstv u systemi materialno-tehnič-z-noho zabezpečennja APK Ukrajinu // Ekonomika APK. – №4. 23-27.
7. Desiat rokiv «Agrotek» // Propozytsija. – 2012. – №11. 11.
8. Jevtuszenko V. 2012. Rynok silhosptechniki: rostemo dali // The Ukrainian Farmer. – №6. 86-87.
9. John Deere bere intelektom // Propozytsija. – 2012. – №9. 82.
10. John Deere vidkryvaje novyj sklad zapchastyn v Ukraini // Propozytsija. – 2012. – №9. 81.
11. Kločko I. 2012. Traktor dla pola // AgroMarket. - №1, 5-8.
12. Kovalchuk S. J. 2011. Prioritytety vitchyznjanoho mashynobuduvannja dla ahropromyslo-voho kompleksu // Ahrosvit. — № 23. 16 - 19.
13. Korotych P. 2012. Dylerstvo po-nimeckij // The Ukrainian Farmer. – №1. 24-25.
14. Mazur Je. 2012. Tehnični aspekty – 2012. // The Ukrainian Farmer. – №1. 28-29.
15. My – proizvoditeli selhoztehniki // The Ukrainian Farmer. – 2012. – №1. 16.
16. My - dilery // The Ukrainian Farmer. – 2012. – №1. 18-22.
17. Myhajlov Ju. 2012. Ukrajinke silskohospo-darske mashynobuduvannja: stara divka, jaka vze nikomu ne potribna // Propozytsija. — №4. 38-41.
18. Mocnyj V. 2007. Potribno prydylaty bilshe uvahy pidvyshčennju konkurentospromoznosti vitchyznjanoji techniki // Ahrarnyj tyzden. – №19(019). 1-5.
19. Niziński S. 2007. Problemy współczesnej logistyki w aspekcie utrzymania ruchu obiektów technicznych // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 9, 144-154.
20. Novyj hravec na rynku Ukrainy // www.titanmaszynery.com.
21. Plizga K. 2012. Postęp techniczny w budowie ciągników na przykładzie ciągników firmy New Holland // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 14. No. 5, 107-110.
22. Vojtiuk V. Demko A. 2007. Tsej nenaviazlyvyj techničnyj servis v APK // Propozytsija. – №12. 106-109.
23. Zhovnuruk Ja. 2013. Novi mozlyvosti dla kupivli techniki John Deere // AgroMarket. – №2. 5.

DEVELOPMENT OF THE SYSTEM OF UKRAINE'S MATERIAL AND TECHNICAL BASE OF AGRICULTURE FORMATION

Summary. Some main results of material and technical base in agricultural enterprises in Ukraine modern state investigation are presented and some main tendencies in the processes of its formation are defined. The dynamic and structure of agricultural technique supplying from abroad is shown.

Special attention is devoted to the rising role of leading dealers of agricultural technique producers. The characteristic of such main dealers of agricultural technique in Ukraine, as well as some conditions of dealer system formation and specifics of competitive fight among dealers for markets and clients

are done. The evaluation of statement and possibilities of domestic agricultural machines plants development is realized and needed for that conditioned are defined.

Key words: agricultural enterprises, material and technical base, dealers, import, producers of agricultural technique, governmental support.

СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЯЗКОСТИ СУБСТРАТА, КОТОРЫЙ ФОРМИРУЕТСЯ ИЗ БИООТХОДОВ В ЧАСТНЫХ КРЕСТЬЯНСКИХ ХОЗЯЙСТВАХ

Тарас Михальчук

Львовский национальный аграрный университет

г. Дубляны, ул. Владимира Великого 1

Taras Mykhalchuk

Lviv National Agrarian University

Аннотация. В работе проведен анализ основных существующих приборов для измерения вязкости различного рода жидкостей и смесей и возможность их применения для измерения субстрата с широким размерным разбросом компонентов (0-120 мм) и различными физико-механическими свойствами. Разработан стенд и методика измерения вязкости субстрата, который формируется из биоотходов в частных крестьянских хозяйствах.

Ключевые слова: стенд, вязкость, субстрат, вискозиметр, методика исследований.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

При проектировании небольших биогазовых установок (объемом реактора до 5м³), которые работают на биоотходах из частных крестьянских хозяйств, возникает вопрос оптимального выбора перемешивающего устройства и его привода, с минимальным запасом мощности, что влияет на конструктивные и энергетические параметры установки в целом [1, 2, 3]. Основным параметром, влияющим на выбор мешалки, является вязкость перемешиваемой среды.

Учитывая то, что субстрат готовится из различных компонентов и в нем присутствуют частицы, размер которых может достигать 12см, то можно сказать, что существующие широко распространены вискозиметры (капиллярные, ротационные, с вибрирующим зондом, пузырькового типа) непригодны из-за непригодности рабочих органов к работе в исследуемой среде.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Анализ исследований вискозиметров и методов вискозиметрии показал, что с развитием приборостроения основные методы определения вязкости жидкости и смесей остались без изменений [4, 5].

Анализируя основные методы определения вязкости (капиллярный, вибрационный, ротационный, ультразвуковой, метод падающего шарика) [5], и физико-механические свойства субстратов, можно сказать, что практическое использование любого из методов не позволяет провести замеры вязкости многокомпонентного субстрата с разно-размерными включениями (0-120мм) с необходимой точностью.

Проработав методику измерений и рабочие органы существующих приборов [4, 5, 6,7] можно сделать выводы, что практически все вискозиметры спроектированы для работы с однородными средами, дисперсия частиц которых не более 10⁻³. Исходя из этого использование существующих вискозиметров для измерения вязкости субстрата невозможно.

Наиболее подходящим и точным методом измерения является метод падающего шарика, но его использование также невозможно из-за больших трудностей по определению скорости падения.

ПОСТАНОВКА ЗАДАНИЯ

Цель работы – разработать стенд для измерения вязкости субстрата, в котором присутствуют составляющие различных размеров и физико-механических свойств, предложить методику измерений параметров вязкости субстрата.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Целью статьи является разработка стенда и методики исследования вязкости субстратов, формирующиеся из бытовых отходов в частных крестьянских хозяйствах, фракционный состав, которого лежит в пределах 0-120мм.

Детальное изучение методов определения вязкости и реологических свойств жидкостей

и смесей позволило выделить взаимодействие тела, которое движется с определенной заданной скоростью в жидкости. Такое взаимодействие легло в основу спроектированного стенда [7, 8, 9, 10, 11, 12].

Рабочий процесс стенда заключается в определении сил сопротивления, которые оказывает исследуемая среда телу, которое движется с разными заданными скоростями, графическое отображение приведено на рис.1. [7, 10, 13, 14, 15]

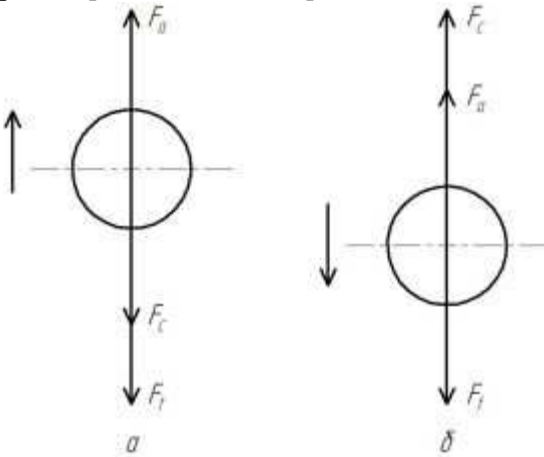


Рис. 1. Силы, действующие на тело, движущейся жидкости

a - движение вверх, *b* - движение вниз, F_a - сила выталкивания (Архимедова сила), F_c - сила сопротивления вследствие вязкости (сила Стокса), F_t - сила тяжести

Fig. 1. The forces acting on a body moving fluid
a – upward movement, *b* – downward movement, F_a - pushing force (Archimedes force), F_c - drag force due to viscosity (Stokes force), F_t - gravity

Силы, действующие на шар, можно записать в следующем виде:

Сила выталкивания:

$$F_a = \frac{4\pi \cdot r_k \cdot \rho_c \cdot g}{3} = m_c \cdot g, \quad (1)$$

где: r_k –радиус шарика, ρ_c –плотность среды, m_c –масса среды вытесненная шариком, g –ускорение свободного падения;

сила сопротивления вследствие вязкости:

$$F_c = 6\pi \cdot V \cdot r_k \cdot \mu, \quad (2)$$

где: V –скорость движения шарика, μ –вязкость исследуемой среды;

сила тяжести:

$$F_t = \frac{4\pi \cdot r_k \cdot \rho_k \cdot g}{3} = m_k \cdot g, \quad (3)$$

где: m_k –масса шарика, ρ_k –плотность материала шарика.

Изменение скорости движения шарика позволяет определять, как исследуемая среда ведет себя в качестве ньютоновской или неньютоновской жидкости. На стенде также можно исследовать изменение вязкости среды после и во время флотационного разделения субстрата на легкую, жидкую и тяжелую фракции.

Аппаратура стенда предназначена для измерения силы сопротивления движению шарика при выбранной ее скорости, и с помощью программного обеспечения LabVIEW 8.6 записывать данные на ПК и графически отображать изменение силы сопротивления на начальной стадии и стадии установившегося движения.

Общий вид и основные узлы стенда показано на рис. 2.

Для обеспечения вертикальной стабилизации цилиндрической емкости 1 станина 2 снабжена регулируемой три точечной опорой. В верхней части стойки 3 закреплен синхронный двигатель с внутренней редукцией на выходном валу, которого закреплены калиброванные шкивы 5, на которые наматывается плетеная нить Berkley Whiplash 6 толщиной 0,06 мм.

На нижней части нити закреплен металлический шар 7, которая погружается в исследуемую среду. Для замеров сил сопротивления при движении шара используется датчик 8 передающий цифровой сигнал на усиливающую плату NI USB 6008 9 при помощи, которой данные записываются на персональный компьютер.

Управление двигателем осуществляется с помощью пульта 11.

Для облегчения установки шара на осцилиндрической емкости (рис. 2. сеч. А-А) используется центральная пластина (крышка) 12. Необходимая скорость движения шарика достигается изменением рабочего шкива на валу двигателя. При проведении опыта шар должен двигаться по оси цилиндрической емкости, для того чтобы избежать смещения шара относительно оси емкости при изменении рабочего шкива двигатель имеет возможность изменения точки крепления.

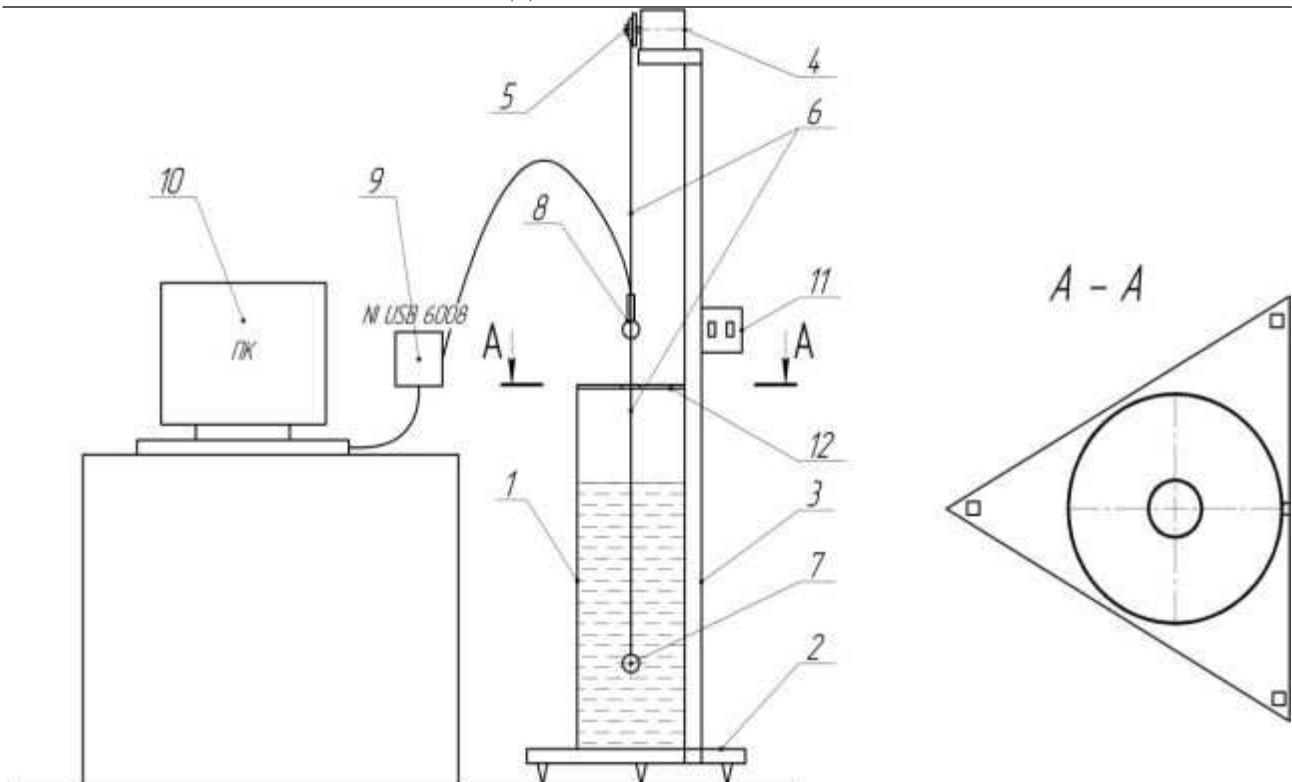


Рис. 2. Загальний вигляд стану для дослідження в'язкості субстрату
Fig. 2. General view of the stand to study the viscosity of the substrate

Исследование потока жидкости обтекающего препятствие (рис. 3.), позволило свести к минимуму влияние стенок емкости на сопротивление движению шарика в исследуемой среде [16, 17, 18, 19], обеспечив следующее соотношение конструктивных элементов рабочих органов спроектированного вискозиметра: $c \geq 2d_k$ (рис. 3.).

Для повышения чувствительности датчика и точности измерения в качестве датчика используется тензометрическое звено с промежуточным усилением сигнала, которое работает на растяжение.

Исходя из того, что на стенде можно исследовать не только вязкость субстрата но и его динамику при изменении состава или влажности был разработан следующие методические рекомендации [4, 5, 6, 20], по измерению:

1. Алгоритм определения вязкости субстрата

1.1. приготовить исследовательскую порцию субстрата (в соответствии с рабочей);

1.2. подготовить стенд к работе:

-выставить цилиндрическую емкость в вертикальное положение,

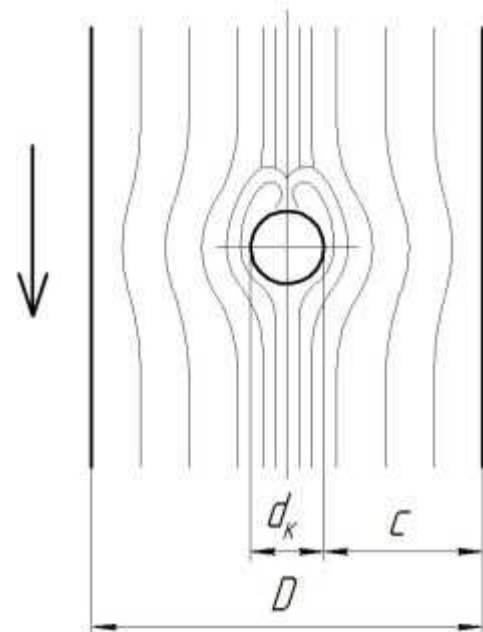


Рис. 3. Графическое отображение линий-потока при обтекании шара
 c – расстояние от шара к стенке цилиндрической емкости; d_k – диаметр шарика; D – внутренний диаметр емкости.

Fig. 3. Diagram of the flow lines in the flow around the ball

c - distance from the ball to the wall of the cylindrical container; d_k - diameter balls D - internal diameter container.

- снять центрирующую крышку,
 -подсоединить датчик сенда к плате NI USB6008, а плату к ПК,
 -подключить электродвигатель в электросеть;

1.3. залить приготовленный субстрат в цилиндрическую емкость;

1.4. выбрать скорость движения шара (рабочий шкив);

1.5. с помощью центрирующей пластины и подвижного крепления двигателя установить шар по центру цилиндрической емкости;

1.6. зафиксировать двигатель в одном из фиксированных положений и снять центрирующую пластину;

1.7. опустить шар на дно емкости;

1.8. запустить программное обеспечение, включить двигатель и снять данные во время движения пули в субстрате;

1.9. перемешать исследуемую порцию субстрата, изменить рабочую скорость шара и повторить пункты 1. 5, 1. 6, 1. 7, 1. 8;

1.10. опорожнить и очистить стенд от субстрата;

1.11. обработать данные, используя следующие выражения:

$$F_{\partial} = F_t - F_a + F_c, \quad (4)$$

где: F_{∂} – показания датчика, Н

$$\mu = \frac{F_{\partial} - m_k \cdot g + m_c \cdot g}{6\pi \cdot V \cdot r_k}. \quad (5)$$

Поскольку нить, на которой подвешен шар, имеет диаметр 0,06мм и площадь контакта с субстратом очень мала, а значит и силы трения нити в субстрате незначительные, то ими пренебрегаем.

Учитывая то, что влажность субстратов, используемых в биогазовых установках, лежит в пределах 75-94% и то, что вязкость воды (основного компонента) изменяется относительно температуры, необходимо проводить температурный мониторинг исследуемого субстрата при проведении опыта.

2. Исследование вязкости относительно изменения одного из параметров субстрата

Эта методика включает в себя все пункты предварительной с постепенным изменением определенного (фракционного или процентного содержания субстрата, влажности, температуры) из параметров.

3. Исследование изменения вязкости субстрата во время протекания флотационных процессов

Отличие от алгоритма определения вязкости субстрата заключается в снятии ряда данных в течение частичного или полного расслоения субстрата на фракции во время протекания процесса флотационного разделения субстрата на твердую, жидкую и легкую фракции.

ВЫВОДЫ.

Разработанный стенд дает возможность измерения и исследования параметров вязкости субстрата, в котором присутствуют компоненты, размеры которых могут достигать до 120мм. Тензометрическое звено, которым обеспечен стенд и изменение шариков с разной плотностью (стальная, стеклянная, и др.). Позволяют проводить экспериментальные исследования в широком диапазоне вязкости.

Исследование изменения вязкости относительно изменения процентного состава компонентов, или влажности субстрата, позволит сформировать массив данных для проведения проектных работ биогазового оборудования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Polishchuk V. M. 2011. Konstruktivni osoblivosti metantenkiv // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 13B. 56–61
2. Kowalska A. 2011. Recruiting and using agricultural biogas /TEKA Commission of motorization and power industry in agriculture Lublin, – Vol. 11. 118–125
3. Eder B. 2006. Biogas-Praxis: Grundlagen, Planung, Anlagenbau, Beispiele, Wirtschaftlichkeit / Barbara Eder, Heinz Schulz; mit Beiträgen von Andreas Krieg. 3. vollständig überarbeitete unterweiterte Aufl. Staufen bei Freiburg: Ökobuch, 238.
4. Brookfield Engineering Laboratories [Yelektronniy resurs] – Rezhim dostupu: <http://www.brookfieldengineering.com/products/viscometers/index.asp>
5. AVRORA tekhnologi izmereniy [Yelektronniy resurs] – Rezhim dostupu: <http://viscometer.ru/?cnt=catalog>

6. Viskozimetriya pishchevykh mass: metod. ukazaniya k laboratornym rabotam po kursu «Reologiya syr'ya, polufabrikatov i gotovykh izdeliy khlebopekarnogo, makaronnogo i konditerskogo proizvodstv» / Voronezh. gos. tekhnol. akad.; sost. V. I. Karpenko, V. A. Dyatlov, A. A. Zhuravlev, T. A. Shevyakova. – Voronezh :VGTA, 2008. 39.
7. Padokhin V.A., Kokina N.R. 2007. Fiziko-mekhanicheskiye svoystva syr'ya i pishchevykh produktov: Ucheb. posobiye / Ivan. gos. khim.-tekhnol. un-t.. Institut khimii rastvorov RAN. - Ivanovo. 128.
8. Uilkinson U. L. 1964. Nen'yuto-novskiy zhidkosti gidromekhanika, peremeshivaniye i teploobmen Perevod s angliyskogo kand. tekhn. nauk 3. P. Shul'mana «MIR» Moskva. 216
9. Pavlov K. F. 1987. Primery i zadachi po kursu protsessov i apparatov khimicheskoy tekhnologii. Uchebnoye posobiye dlya vuzov. 10-ye izd., pererab. i dop. – L.: Khimiya. 576.
10. Anderson D. 1990. Vychislitel'naya gidromekhanika i teploobmen. V 2-kh t Tom 2: Per. s angl. – M.: Mir. 392.
11. Anderson D. 1990. Vychislitel'naya gidromekhanika i teploobmen. V 2-kh t Tom 1: Per. s angl. – M.: Mir. 384.
12. AL'TSHUL' A. D. 1966. Gidravlika i aerodinamika (osnovy mekhaniki zhidkosti). M.: Stroyizdat. 275.
13. Strenk F. 1975. Peremeshivaniye i apparaty s meshalkami. Pol'sha, 1971. Per. s pol'sk. pod red. Shchuplyaka I. A. L., «Khimiya». 384.
14. Braginskiy L. N. 1984. Peremeshivaniye vzhidkikh sredakh: Fizicheskiye osnovy i inzhenernyye metody rascheta: Khimiya, 336.
15. Kaminer A. A. 1987. Gidromekhanika v inzhenernoy praktike. – K.: Tekhnika. 175.
16. Happel John. 1965. Low Reynolds number hydrodynamics with special applications to particulate media, 631.
17. Zolotov S. S. 1984. Zadachnik po gidromekhanike dlya sudostroiteley. Uchebnoye posobiye 2-ye izd. pererao. ts dop.–L.: Sudostroyeniye, 232.
18. Kalión B.A. 2010. Obchislyval'na gidromekhanika: Model'ni zadachi. Navchal'niy posibnik.– K.: VTS "Kijivs'kiy univrsitet", 219.
19. Knyazev D. V. 2007. Vrashchatel'no-simmetrich-nyye techeniya vyazkoy zhidkosti s prostranstvennym uskoreniyem: Dissertatsiya na soiskaniye uchonoy stepeni kandidata fiziko-matematicheskikh nauk: 01.02.05. / Perm', 140.
20. Grabchenko A.Í. 2009. Metodi naukovikh doslidzhen': Navch. posibnik. – KH.: NTU "KHPÍ". 142.

**MODEL FOR THE STUDY VISCOSITY
SUBSTRATE FORMED OF BIOWAS
TEINPRIVATE FARMS**

Summary. This paper analyzes the main instruments for measuring the viscosity of various liquids and mixtures with a wide dimensional scatter components (0-120 mm) and different physical and mechanical properties. A stand and method of measuring the viscosity of the substrate, which is formed of biowaste in private farms.

Key words: booth, viscosity, substrate viscometer, methods of research.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ КАМЕРЫ ГАЗИФИКАЦИИ ГАЗГЕНЕРАТОРА НА СЫРЬЕ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

*Наталья Цивенкова, Анна Голубенко, Савелий Кухарец, Владислав Шубенко,
Житомирский национальный агроэкологический университет*

г. Житомир, Старый бульвар 7

*Nataliya Tsyvenkova, Anna Golubenko, Saveliy Kukharets, Vladyslav Shubenko,
Zhytomyr national agroecological university*

Аннотация. Приведена методика расчета камеры газификации газогенератора для энергообеспечения зерносушилки. Разработан алгоритм определения основных параметров камеры газификации, и исполнен ее расчет для зерновой сушилки шахтного типа продуктивностью 2 т/час. Предложено наиболее рациональные схемы установки дутьевых фурм в камере газификации для твердого топлива растительного происхождения с целью получения качественного и стабильного по технологическим показателям генераторного газа. Установлена зависимость скорости газов дутья от заданного типа и конструкции дутьевой фурмы. Приведен расчет основных параметров камеры газификации по приведенному алгоритму.

Ключевые слова: зерносушилка, камера газификации, генераторный газ, твердое топливо растительного происхождения.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Камера газификации является важным объектом проектирования в газогенераторной установке. Ее основные параметры существенно влияют на продуктивность газогенератора, качество и состав генераторного газа [3, 8, 9, 11, 13, 16].

Задача использования соломы для сушки зерна остается открытой [1, 5, 6, 7, 14, 15, 17], причем газификация соломы является рациональным путем решения проблемы энергообеспечения процесса сушки. Схема технологического процесса сушки зерновых с использованием продуктов газификации соломы требует согласования и конструктивных параметров соответствующего оборудования [2]. Таким параметром, прежде всего, является потребность сушилки в генераторном газе.

Состав генераторного газа значительно зависит от агротехнических характеристик зерновых культур, вида подготовки соломы,

типа газогенератора, конструкции камеры газификации и правильности выбора режимов [3, 4, 5, 9, 11, 12, 16].

Из вышесказанного понятно, что проектирование камеры газификации, а именно этап определения ее основных параметров, начинается, прежде всего, с определения выходных данных, а процесс произведения расчетов должен быть четко структурирован и исполняться в пределах определенного алгоритма.

Алгоритмизация определения размеров камеры газификации является весомым фактором дальнейшей автоматизации их расчета, что чрезвычайно актуально в современных условиях и расширяет возможности применения расчета для оптимизации определенных параметров.

Основными проблемами при решении обозначенных выше задач являются недостаточная разработка этой темы в научной литературе, отсутствие практического опыта проектирования и использования газогенераторов для питания такого сельскохозяйственного оборудования как зерносушилки.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Сушка зерновых за счет сжигания соломы специфична из-за низкой плотности и неравномерности полученного теплового потока, что не позволяет обеспечить качественный результат в процессе сушки зерна.

Использование биотоплив для обеспечения энергетической автономности фермерских хозяйств, сельхоз предприятий и комплексов связано, прежде всего, с необходимостью эффективного приведения такого топлива к концентрированному состоянию [5].

Исходя из вышесказанного, на основе соломы можно создать мощную энергосырье-

вую базу с дальнейшим ее использованием в газогенераторных установках.

Химико-термическая газификация соломы дает возможность соединить повышение энергетической автономности производства основной продукции с улучшением ее экологических показателей, в том числе и в аспекте сохранения плодородия грунтов [5, 14, 15].

Основными выходными данными для разработки конструкции камеры газификации газогенератора являются: запланированная продуктивность газогенератора по газу $V_{в.г.}$ ($м^3/час$); требования к составу и технологическим характеристикам генераторного газа; вид газифицируемого сырья.

Анализ технологических режимов процесса конвективной сушки зерновой массы позволил выявить ряд факторов, которые необходимо учитывать при определении параметров камеры газификации, а именно: влажность $W_{с.г.}$ (%), температуру $t_{с.г.}$ ($^{\circ}C$), теплоемкость $c_{с.г.}$ ($кДж/кг \cdot K$), расход и режимы подачи сушильного агента; начальную $T_{1м}$ ($^{\circ}C$) и конечную температуры $T_{2м}$ ($^{\circ}C$), начальную W_1 (%) и конечную W_2 (%) влажности зерновой массы, физико-механические свойства зерновой массы; тепломасообменные параметры процесса сушки [2, 10].

ПОСТАНОВКА ЗАДАНИЯ

Целью исследования является создание методики расчета газогенератора адаптированного к использованию в составе зерносушилки.

Определение и обоснование исходных параметров для проектирования камеры газификации, необходимых и достаточных для создания устойчивой системы, состоящей из оборудования, производящего энергоноситель, и потребителя, с обеспечением максимально возможной энергоавтономности.

Объектом исследования является процесс сушки зерновых, его особенности, параметры, определяющие выбор состава технологического комплекса и исходные характеристики соломы для газификации.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Исходя из потребности обеспечения необходимой продуктивности газогенераторной установки и постоянных характеристик генераторного газа следует учитывать следующие параметры: тепловое напряжение процесса газификации B ($кДж/м^2 \cdot час$); высоту активного слоя топлива H (м); коэффициент пропорциональности площадей m ; расстояние между фурменным поясом и горловиной h_r (м); объем $V_{возд}$ ($м^3/час$), температуру $t_{возд}$ ($^{\circ}C$) и скорость воздушного дутья ω (м/с).

На рис. 1 представлен алгоритм исполнения проектных расчетов камеры газификации газогенератора, адаптированного к работе на сырье растительного происхождения, в составе зерновой сушилки. Четкая структура алгоритма позволяет с незначительными изменениями использовать его для проведения широкого спектра расчетов.

Особенное место в алгоритме занимает блок проверки обеспечения энергетической потребности зерносушилки спроектированной газогенераторной установкой.

Согласно предложенному алгоритму (рис. 1) первым этапом является определение исходных данных для расчета блока 1.

Для упрощения процесса определения параметров камеры газификации важно определить необходимый и достаточный минимум параметров, влияющих на качество процесса сушки. Константы и величины, которые можно определить из исходных данных, были исключены. Перечень исходных данных приведен в табл. 1. Исходные данные максимально широко охватывают спектр конструкций зерносушилок, что позволяет более широко использовать приведенный алгоритм, расширяя его до методики расчета.

Для реализации алгоритма было проанализировано и выбрано наиболее рациональные расчетные формулы для каждого блока.

Некоторые формулы были изменены с учетом замены базового энергоносителя газогенераторным.

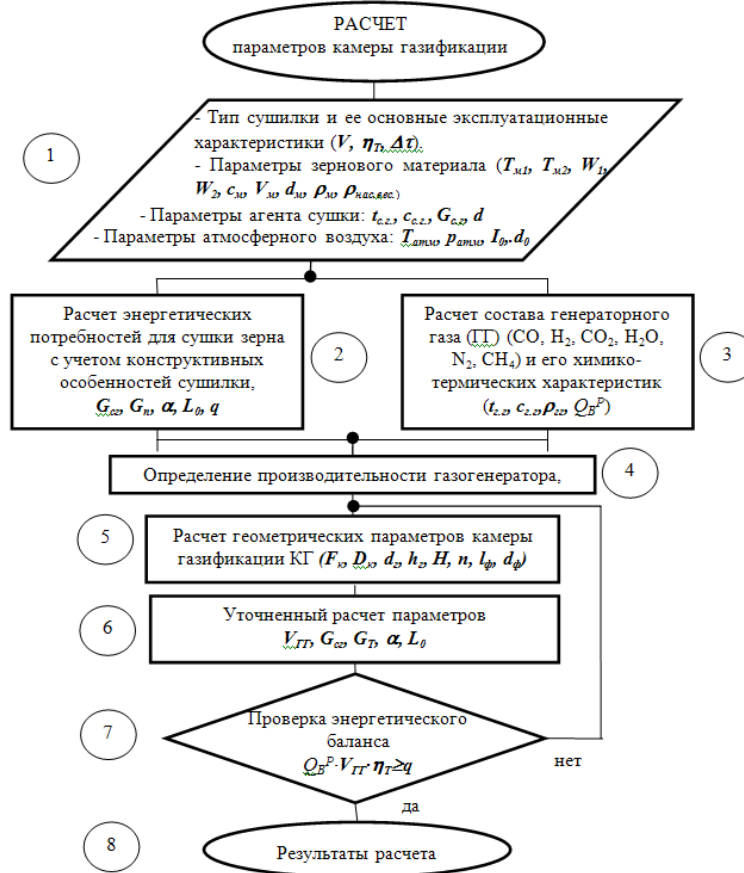


Рис.1. Алгоритм определения основных параметров камеры газификации
Fig. 1 The algorithm of determination of the basic parameters of gasification chamber

В данном алгоритме (рис.1) введено ряд условных обозначений:

V, V_M – объемы сушилки: общий и занятый зерновым материалом, м^3 ;

η_T – суммарный коэффициент полезного действия топки;

$\Delta\tau$ – час сушки одного загруженного объема зернового материала для сушилок периодического действия, час;

T_{m1}, T_{m2} – начальная и конечная температуры зернового материала, $^{\circ}\text{C}$;

W_1, W_2 – начальная и конечная влажности зернового материала, %;

d_m – средний диаметр зерна, м;

ρ_m – удельный вес зерна, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$\rho_{\text{нас.вес.}}$ – насыпной вес зернового материала, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$c_m, c_{с.г.}, c_{г.г.}$ – теплоемкость зернового материала, сухих топочных газов, генераторного газа, $\text{кДж}/\text{кг}\cdot\text{K}$;

$t_{с.г.}, t_{г.г.}, T_{\text{атм}}$ – температуры сухого топочного, генераторного газов и внешнего воздуха, $^{\circ}\text{C}$;

d, d_0 – влагосодержание внешнего воздуха при соответствующей температуре и относительной влажности, и топочных газов, $\text{кг}/\text{кг}$;

$G_{с.г.}$ и G_n – вес сухих топочных газов и водяного пара, $\text{кг}/\text{кг}$;

I_0 – энтальпия внешнего воздуха, $\text{кДж}/\text{кг}$;

i_n – энтальпия водяных паров, $\text{кДж}/\text{кг}$;

$P_{\text{атм}}$ – атмосферное давление, Па;

Q_B^P – высшая теплотворность генераторного газа, $\text{кДж}/\text{кг}$;

$\rho_{г.г.}$ – удельный вес генераторного газа, $\text{кг}/\text{м}^3$;

α – коэффициент избытка воздуха;

L_0 – теоретическое количество абсолютно сухого воздуха, необходимого для горения генераторного газа, $\text{м}^3/\text{м}^3$;

$c_m H_n$ – объемные доли компонентов в смеси;

$V_{г.г.}$ – расход генераторного газа на испарение влаги из слоя зернового материала, $\text{м}^3/\text{час}$;

q – количество тепла, израсходованного на испарение кг влаги, $\text{кДж}/\text{кг}$;

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ КАМЕРЫ ГАЗИФИКАЦИИ ГАЗОГЕНЕРАТОРА НА СЫРЬЕ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

W – количество влаги, которое испарилось в сушилке, кг/час,

G_T – часовой расход топлива, кг/час;

$F_{\kappa}, f_{\text{зоп}}$ – площади поперечного сечения фурменного пояса и горловины камеры газификации, м²,

D_{κ}, d_2 – диаметры фурменного пояса и горловины камеры газификации, м.

h_2 – расстояние от фурменного пояса к горловине, м,

d_{ϕ}, l_{ϕ} – диаметр фурм и шаг их установки, м; n – количество фурм, шт.,

$C_{n.y.}$ – сумма потерь углерода, кг углерода/кг топлива,

B – тепловое напряжение камеры газификации, кДж/м²·час.

Так, согласно методике [10], для конвективной сушилки уравнение теплового баланса, адаптированное к использованию генераторного газа, будет записано следующим образом:

$$Q_B^P \cdot \eta_T + c_{z,z} \cdot t_{z,z} + \alpha \cdot L_0 \cdot I_0 = \left[1 + \alpha L_0 - \sum \frac{0,09 \cdot n}{12m+n} C_m H_n \right] c_{c,z} \cdot t_{c,z} + \left[\sum \frac{0,09 \cdot n}{12m+n} C_m H_n + \frac{\alpha L_0 d_0}{1000} \right] i_n. \quad (1)$$

Количество воздуха, необходимое для сгорания 1 м³ газа, находится за заданным в процентах от объема составом газа:

$$L_0 = \frac{1}{21} [0,5(CO + H_2) + 2CH_4 - O_2]. \quad (2)$$

Расчеты за формулами (1, 2) есть основой блока 2 алгоритма (рис.1). На этапе реализации блока 3 определяются основные характеристики генераторного газа, которые зависят от вида, состава и параметров исходного топлива. Состав генераторного газа, рассчитанный для пеллет из соломы пшеницы, представлен в таблице 2. Переходя к блоку 4, расход генераторного газа на испарение влаги из слоя зернового материала составляет:

$$V_{z,z} = \frac{qW}{Q_B^P \cdot \eta_T \cdot \rho_{z,z}}. \quad (3)$$

Таблица 1. Исходные данные к расчетам
Table 1. Original dates for calculations

Название параметра	Обозначение	Размерность	Значение
Объем сушилки, который занят зерновым материалом	V_M	м ³	2,6
Производительность	Π	т/час.	2
Начальная влажность зернового материала	W_1	%	19
Конечная влажность зернового материала	W_2	%	13,5
Диаметр частиц материала	d_M	мм	4
Насыпная плотность зернового материала	$\rho_{\text{нас.плот}}$	кг/м ³	770
Конечная температура зернового материала	T_{M2}	°C	20
Температура агента сушки	$t_{c.g.}$	°C	85
Суммарный коэффициент полезного действия топки сушки	η_T	%	95
Характеристики атмосферного воздуха:			
- влажность	d_0	кг/кг	0,014
- температура	$T_{\text{атм}}$	°C	20
- давление	$p_{\text{атм}}$	МПа	0,105

Таблица 2. Расчетный состав генераторного газа при влажности $W=10\%$
Table 2. The calculated composition of producer gas with moisture content of 10%

Вид топлива	Состав рабочего топлива, % по объему [4]					
	C^P	H^P	O^P	S^P	N^P	A^P
Пеллеты	43,35...44,4 3	5,71...5,86	43,35...44,4 3	0,10...0,1 1	0,51...0,52	6,98...4, 65
Генераторный газ	Состав генераторного газа, % по объему					
	$CO, \%$	$H_2, \%$	$CO_2, \%$	$H_2O, \%$	N_2	$CH_4, \%$
	22,14...22,3 3	23,69...23,8 0	9,07...9,06	8,31...8,1 1	33,79...33,7 0	3,00
	Характеристики генераторного газа					
	Температура на выходе из газогенератора, $^{\circ}C$	Влажность, %	Содержание летучих, кг/кг пеллет	Нижшая теплотворность влажного газа $Q_{H, P}^P$, МДж/м ³	Высшая теплотворность влажного газа $Q_{H, P}^P$, кДж/м ³	Средняя теплоемкость газа при $400^{\circ}C$, кДж/м ³ · $^{\circ}C$
400	8,31...8,11	0,02	6,2-6,5	6,9...7,2	1,4	

Расчеты, которые входят в блоки 5 и 6, основываются на методике [8], а основные расчетные формулы представлены в табл. 3.

Важным параметром камеры газификации есть также схема образования воздушно-газовой решетки в слое насыпного материала.

Равномерная решетка дает возможность получить высокое качество генераторного газа и максимально приблизить практические характеристики объекта проектирования к расчетным показателям.

В зависимости от диаметра камеры газификации воздушно-газовая решетка может быть построена путем различных комбинаций, углубленных в слой топлива, фурм.

На рис. 2 представлено несколько схем расположения дутьевых фурм: а – периферийные прямые одинаковой длины; б – комбинация периферийных прямых обыкновенных с удлиненными; в – тангенциальные; г – единая центральная; д – множество центральных; е – комбинированная схема.

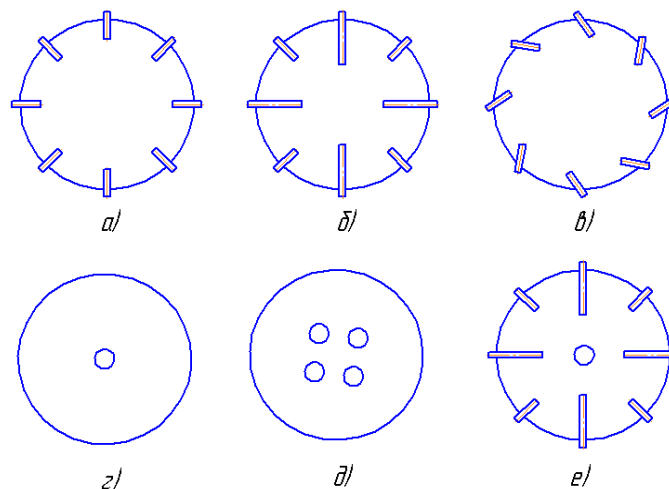


Рис. 2. Схемы установки фурм в камере газификации для газификации твердого топлива
Fig. 2. The scheme, which illustrated the position of tuyeres in gasification chamber for solid fuels gasification

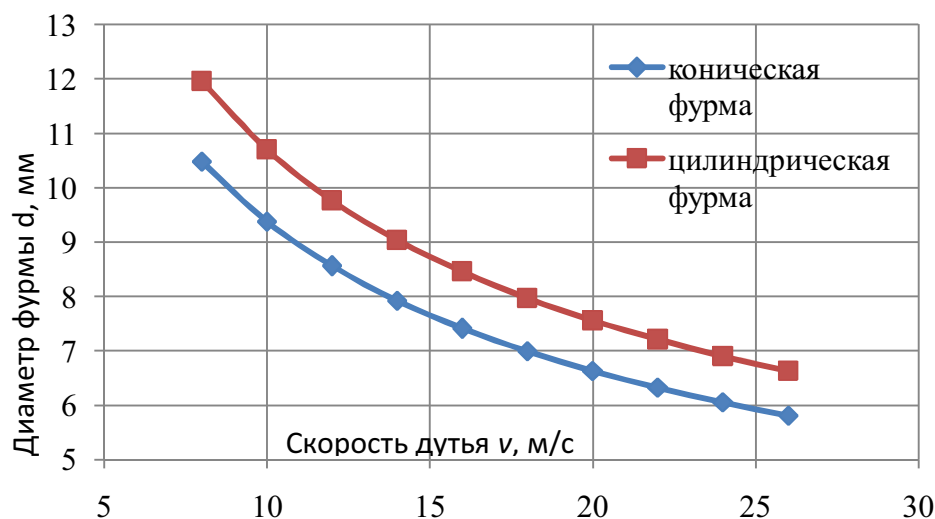


Рис. 3. Зависимость диаметра дутьевой фурмы от типа и скорости дутья
 Fig. 3. The dependence of the blowing tuyere diameter from its type and speed of blowing

В основу построения этих схем принято положение о том, что при установленном коэффициенте порозности слоя пеллетированной биомассы с длиной гранулы 10-18 мм, длина оси активной части воздушно-газовой протоки не превышает 30-35 мм, при установленной скорости воздуха в сопле

фурмы на холодное дутье 10-24 м/сек.

Определенное влияние на процесс газификации имеет также форма фурмы, от которой зависит скорость введения воздуха в зону горения и глубина проникновения его в слой материала.

Таблица 3. Формулы для расчетов
 Table 3. The formula for calculations

Название параметра	Расчетная формула
Диаметр фурменного пояса камеры газификации, м	$D_k = 0,83 \sqrt{\frac{V_{z.z.} \cdot Q_H^P \cdot (CO + CO_2 + CH_4)}{B \cdot [C^P - C_{n.y}]}}$
Диаметр горловины, м	$d_2 = 0,83 \sqrt{\frac{V_{z.z.} \cdot Q_H^P \cdot (CO + CO_2 + CH_4)}{B \cdot m \cdot [C^P - C_{n.y}]}}$
Расстояние от фурменного пояса к горловине, м	$h_2 = (0,33 \dots 0,37) \sqrt{\frac{V_{z.z.} \cdot Q_H^P \cdot (CO + CO_2 + CH_4)}{B \cdot [C^P - C_{n.y}]}}$
Количество фурм, шт	$n = \frac{\pi \cdot D_k}{l_\phi}$
Диаметр фурм, м	$d_\phi = 18,85 \sqrt{\frac{V_{ноб}}{n \cdot \omega \cdot \phi}}$
Часовой расход топлива, кг/час	$G_T = \frac{V_{z.z.} \cdot (CO + CO_2 + CH_4)}{1,867(C^P - C_{n.y})}$

Таблица 4. Результаты расчетов
Table 4 The results of calculations

Название параметра	Обозначение	Размерность	Значения
Продуктивность по газу	$V_{в.г.}$	м ³ /год	125
Диаметр фурменного пояса камеры газификации	D_k	м	0,35
Диаметр горловины	d_g	м	0,175
Расстояние от фурменного пояса к горловине	h_g	м	0,14
Количество фурм	n	шт.	11
Диаметр фурм	d_f	м	0,009
Шаг установки фурм	l_f	м	0,100
Тепловое напряженное камеры	B	кДж/м ² ·год	$9,2 \cdot 10^6$

Предложенный алгоритм определения параметров камеры газификации дает возможность учитывать параметры дутья и геометрию фурм. На рис. 3 представлено зависимость диаметра фурм от их геометрии (по двум основным типам – коническая и цилиндрическая) и необходимой скорости дутья.

Только после положительного результата расчета (4) возможен переход к анализу полученных параметров камеры газификации.

Результаты определения параметров камеры газификации согласно исходным данным, приведенным в таблицах 1 и 2, представлены в таблице 4. Указанные в таблице параметры камеры газификации есть основанием для создания экспериментального образца.

Следует отметить, что предложенная методика имеет определенные ограничения согласно геометрии проектированного объекта, поскольку поперечные фурмы дают возможность наиболее рационально решить вопрос подачи воздуха в слой материала для диаметра камеры до 550 мм. Для построения воздушно-газовых решеток в камерах большего диаметра следует останавливаться на комбинированных системах, которые состоят из поперечных и вертикальных воздухопроводящих элементов.

ВЫВОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

1. Проведенные исследования позволили предложить алгоритм расчета основных параметров камеры газификации газогенера-

торной установки, настроенной в соответствии с конкретным сельскохозяйственным оборудованием.

2. Приведен пример расчета камеры газификации для энергообеспечения зерносушилки шахтного типа производительностью 2 т/час, рассчитана зависимость диаметра фурм от ее формы и необходимой скорости дутья, что поможет выбрать наиболее рациональные параметры для создания равномерной газо-воздушной сетки в фурменном сечении для камер газификации диаметром до 550 мм.

3. Выполнено обобщение схемы установки фурм в фурменном поясе камеры газификации.

4. На основании анализа типовых приемов проектирования можно рассуждать о параметрах, которые дают возможность подойти, с известной степенью вероятности, к расчетам по проектированию камеры для газификации пеллет из сырья растительного происхождения с последующим экспериментальным уточнением полученных данных.

5. Перспективой дальнейших исследований является наработка экспериментального материала по газификации пеллет, что предоставит исчерпывающие данные для оценки степени соответствия предложенной методики проведения расчетов камер газификации реальным условиям эксплуатации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Cherewko G. 2006. Al'ternatywna energia tyka agropromyslowego kompleksu Ukrainy // MOTROL. Commission of Motorization and

- Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 8A. 106-116.
2. Ginzburg A. S. 1985. Raschet i proektirovanie syshilnykh ustanovok pishchewoy promyshlennosti – M.: Agropromizdat. 336.
 3. Ginzburg D. B. 1943. Teorija i raschet transportnykh gazogeneratorow / D.B. Ginzburg. – M. 178.
 4. Golub G.A. 2011. Optimizacija parametrow mashyn ta obladnannja // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 13B. 15-19.
 5. Golub G.A. 2010. Teplota zgorannja ta umowy spaluwannja solomu // Natsionalnyj naukowyj centr «Instytut mehanizaciji ta elektrifikaciji sil'skogo gospodarstwa» UAAN. – №8.49-52.
 6. Golubenko A.A. 2008. Al'ternatywni dze-rela energii: chy wrjatuut' wony Ukrainu wid energetychnoji zaleznosti ta ekologichnoji katastrofy // Wisnyk DAEU. №1. 111-119.
 7. Golubenko A.A. 2009. Standartyzacija – osnowa stanowlennja biomasy jak paluwa // Wisnyk Inzenernoji akademiji Ukrainu. №1. 217-223.
 8. Judushkin N.G. 1955. Gazogeneratoruje traktoru. -M.: Mashgiz. 244.
 9. Kollerow L.K. 1951. Gazomotornye ustanowki : Mashgiz. 239.
 10. Lebedew P.D. 1962. Raschet i proektirowanije sushil'nykh ustanovok – M.: - L.: Gose-nergoizdat. 320.
 11. Mezin I.S. 1948. Transportnyje gazogeneratory –. M.: Sel'khozgiz. 311.
 12. Podznojew G. 2009. Wozmoznosti regeneracii teploty w termodinamicheskom cykle dizelja // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 11A. 272-277.
 13. Romanyshin O. 2009. Pidwyshennja efektywnosti procesiw gazyfikacii konstruktywnum udoskonalennjam kamer gazufikacii // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 11A. 42-45.
 14. Samulin A. A 2007. Perspektywy wykorzystannja biomasy jak palywa // Wisn. DAU. – №1. 171-177.
 15. Samulin A.A. 2009. Suchasni energoefektywni tekhnologiji wykorzystannja widkhodiw biomasy w sil'skomu, lisowomu ta komunalnomu gospodarstwakh // Wisn. ZNAEU. – №1. 269-276
 16. Tokarew G.G. 1955. Gazogeneratornyje awtomobili. – M.: Mashgiz. 207.
 17. Zownir M. 2007. Soloma obigrije sela // Agrosector. № 5. 28-31.

DETERMINATION OF THE BASIC PARAMETERS OF GAS-GENERATOR CHAMBER FOR GASIFICATION RAW MATERIALS OF VEGETABLE ORIGIN

Summary. The method of the gas-generator's gasification chamber calculations for energy supply of grain dryers is done. The algorithm of determination the basic parameters of the gasification chamber is designed, its calculation for grain dryer of shaft type with productivity 6 ton/hour is performed. The main rational schemes of blowing tuyeres' establishing in the gasification chamber for solid fuels of vegetable origin to get the qualitative and stabilized according to technological parameters generator gas are proposed. The dependence of blowing gases' speed from the given tuyeres' type and construction is established. The calculations of the main parameters of gasification chamber according the algorithm are done.

Key words: grain dryer, gasification chamber, generator gas, solid fuels of vegetable origin.

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

Ольга Лыса, Богдан Стадник

Львовский национальный аграрный университет

г. Дубляны, ул. Владимира Великого 1

Olga Lysa, Bohdan Stadnyk

Lviv National Agrarian University

Аннотация. В работе предложена единая оценка уровня качества пищевой продукции. Качество пищевой продукции, как объект оценивания характеристик химического состава, отображено целевой функцией, которая зависит от отдельных характеристик продукции, которые могут быть определены экспериментально. Многокритериальная модель оценки качества пищевой продукции сведена к задаче оптимизации с заданной целевой функцией, комплексно учитывающей все показатели качества, и нечетко описанными нужными характеристиками продукции.

Ключевые слова: целевая функция, нечеткое множество, квалиметрия, линейное программирование.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

На современном этапе развития рыночной экономики Украины важной задачей является создание качественной продукции. Согласно ДСТУ ISO 9000:2007 [1], качество продукции – степень, в которой совокупность собственных характеристик продукции удовлетворяет требованиям. Для изготовления качественной пищевой продукции, которая бы удовлетворяла требованиям потребителей, нужно качественное сырье. А на сегодняшний день при производстве сельскохозяйственной продукции аграрные формирования используют различные химические вещества (минеральные удобрения синтетического происхождения, пестициды, гербициды). Пищевая и перерабатывающая промышленность также используют различные пищевые добавки. Все это способствует ухудшению качества пищевой продукции, которая может представлять угрозу для потребителей. Такая продукция имеет худшие вкусовые качества по сравнению с органической продукцией, в ней имеются вредные примеси (в частности нитраты, тяжелые ме-

таллы, остатки пестицидов, гербицидов, аллергенных компонентов), которые негативно влияют на организм человека и на окружающую среду. Однако исключить полностью химические вещества из технологического цикла производства и переработки пищевой продукции и заменить их органическими веществами достаточно сложно. Поэтому существует необходимость разработки комплексной системы количественной оценки качества пищевой продукции как направление квалиметрии.

Пищевая продукция - специфический объект исследования. С начала производства и до поступления к потребителю она проходит довольно много этапов. И при оценке качества продукции необходимо проанализировать влияние всех веществ на различных этапах её производства.

При этом возникают проблемы теоретического, метрологического и нормативно-методологического характера. Анализ и методы решения этих проблем обусловили тематику и актуальность данной статьи.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Вопросами качества вообще и вопросами качества продукции, воды и их безопасности для потребителей занимается большое количество ученых. В частности, вопросам качества воды посвящены работы [16, 17]. В работе [4] авторами предлагается производить только органическую пищевую продукцию, то есть без пестицидов, минеральных удобрений синтетического происхождения, с использованием органических удобрений и осуществлением защиты растений препаратами натурального происхождения. Однако выпуск такой продукции связан со значительными затратами.

В работе [5] исследуется влияние условий и длительности хранения на качество зерна

ячменя, в частности на содержание белка и крахмала в различных сортах зерна ячменя. Для использования в пивоварении, необходимо, чтобы характеристики зерна были в определенных пределах, в частности содержание белка должно составлять 9-12% суховещества. С точки зрения оценки качества зерна ячменя целесообразно установить функциональную зависимость между количеством белка, крахмала, минеральных веществ в различных сортах ячменя.

В работе [6] рассматривается влияние применения удобрений и предпосевной бактериализации на урожайность и качественные показатели яровой пшеницы. Исследуется влияние азотных удобрений на содержание белка и «сырой» клейковины в зерне, ИДК, фракционный состав белков зерна, ВПЗ, разрыхленность, валометрическую оценку, упругость. Установлено, что производительность является интегральным показателем, который отражает условия минерального питания. При удобрении азотными удобрениями возрастает содержание белка и клейковины в зерне. Однако не исследовано влияние удобрений на все качественные показатели пшеницы в комплексе, не установлены взаимозависимости, в частности не установлены соотношения между количеством белка, клейковины и нитратами. А система НАССР [10] требует систематически идентифицировать и контролировать степень риска, влияющую на безопасность пищевых продуктов на протяжении всей цепи производства.

В работе [7] показана целесообразность систем удобрения на повышение качества зерна. В работе [8] исследовано влияние систем удобрения на качество овощной продукции с точки зрения содержания в ней нитратов. Однако на качество продукции овощеводства влияют не только нитраты, но и содержание в овощах витаминов на 100г сырой массы, содержание белков, жиров, углеводов, клетчатки, органических кислот, содержание минеральных веществ, наличие токсичных элементов. Очевидно, что эти показатели целесообразно было бы проанализировать в комплексе, чтобы оценить качество овощей в целом.

В работе [9] исследована зависимость содержания белка и стекловидности от норм внесения азотных удобрений. Положитель-

ным является то, что установлена зависимость между содержанием белка и стекловидности, но целесообразно эту зависимость дополнить другими показателями качества, установить многофакторные зависимости качественных характеристик зерна.

В работе [11] исследовано влияние минеральных удобрений на качество зерна. На основании опытов установлено оптимальное соотношение доз минеральных удобрений (если азотных удобрений вносят много, то это ухудшает качество зерна). В этой работе опять же наблюдается изучение влияния только одного фактора на качество зерна.

Из выше изложенного можно сделать вывод, что качественная пищевая продукция должна соответствовать комплексу различных характеристик. Причем разные характеристики имеют различное влияние на качество продукции. Целесообразно установить взаимозависимости между различными характеристиками продукции, используя данные опытов выращивания продукции при различных условиях. Задачу создания качественной продукции можно свести к задаче оптимизации. Такая идея уже была выдвинута в работе [12]. Однако автор ограничивался рассмотрением оптимизации показателя качества продукции в условиях определенности. Чтобы продукция была качественной её характеристики не должны иметь какое-то одно определенное значение, а находиться в определенном диапазоне, не превышать определенный предел или быть больше определенного предела.

В реальности понятие качественной пищевой продукции определяется неконкретными числовыми показателями определенных ее характеристик, а принадлежности значений характеристик продукции к определенному интервалу. Так, например, для поздней капусты имеются следующие требования к качеству: содержание сухого вещества должно быть не менее 9-10%, содержание углеводов - не менее 5-6%, содержание витамина С – не менее 40-50 мг на 100 г суховещества, содержание нитратов – не более 400 мг/кг.

Качество продукции является предметом изучения квалиметрии. Квалиметрические измерения состоят в общем из двух моментов [13]:

1. Измерение характеристик продукции (экспериментальный этап);

2. Оценка качества продукции на основании полученных характеристик (этап обработки результатов измерения).

На сегодняшний день можно с нужной точностью определить отдельные характеристики продукции. Для этого существует методологическое обеспечение измерения, инструментальная база. Однако практически отсутствует методологическое обеспечение комплексной оценки качества продукции, которая бы учитывала все аспекты производства и хранения пищевой продукции.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Цель работы - получить единую оценку уровня качества пищевой продукции. Основными задачами в части оценки качества продукции, по мнению автора, являются:

- Построение многокритериальных моделей оценки качества продукции;
- Введение нечетких описаний характеристик продукции на основании нечетких множеств;
- Приведение оптимизации в условиях неопределенности с нечеткими ограничениями и нечеткими коэффициентами к задаче линейного программирования.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Пищевая сельскохозяйственная продукция - это специфический вид продукции, качество которой необходимо оценивать и по характеристикам химического состава, и по характеристикам товарного качества. Товарное качество сельскохозяйственной продукции (например, вес единицы продукции, плотность головки капусты, высоту внешнего кочана капусты и др.) можно оценивать по совокупности относительных показателей [16]. Качество пищевой продукции, как объект оценивания характеристик химического состава, должна отражаться целевой функцией, которая зависит от отдельных характеристик продукции, учитывающих различные свойства продукции, и могут быть определены (измерены) экспериментально. Максимальное значение целевой функции соответствует лучшему варианту продукции. На этом этапе проблемой является составление

целевых функций. В принципе, построение целевой функции зависит от тех характеристик продукции, которые хочет потребитель и для какой цели продукция будет использоваться, то есть цели оценивания специфических свойств продукции, этапов и условий производства и жизненного цикла продукции. Кроме того необходимо учитывать действие процесса производства продукции и действие самой продукции на окружающую среду, то есть показатели экологичности продукции.

Качество продукции определяется совокупностью ее характеристик, которые могут быть измерены. Для систематизации этих характеристик с целью получения пищевой продукции нужного качества целесообразно строить многокритериальные модели выбора; вводить нечеткие описания, используя теорию нечетких множеств. В данном случае следует использовать теорию нечетких множеств, потому, что цели, ограничения, критерии выбора точно не определены. Используя нечеткие отношения можно моделировать постепенное изменение свойств и установить неизвестные функциональные зависимости присущие разным биологическим и технологическим процессам. Их используют там, где сложно применить количественные методы с четко определенными коэффициентами и ограничениями. Теория нечетких множеств является результатом обобщения многозначной логики, теории вероятности, математической статистики и дискретной математики. Именно наличие математических средств (теория матриц, теория графов, функции распределения, n -значная логика Поста), которые отражают нечеткую входную информацию и определяют методы обработки полученных экспериментальных данных, дают возможность построить математическую модель процесса оценивания качества продукции, который бы с заданной точностью отражала реальность.

Анализ сложных квалиметрических систем, построенный с использованием теории нечетких множеств, позволяет корректно описать состояние продукции и сравнить ее с базовой продукцией.

Нечеткое множество \tilde{A} определяем через базовую шкалу X и функцию принадлежности $\mu_{\tilde{A}}(x)$. Функция принадлежности прини-

мает значение интервале [0;1]. Нечеткое множество \tilde{A} – это совокупность пар вида [14]:

$$\tilde{A} = \{(x, \mu_{\tilde{A}}(x)), x \in X\}. \quad (1)$$

В случае, если базовая шкала дискретная и конечная, т.е. $X = \{x_i\}_{i=1}^n$, то нечеткое множество можно записать так:

$$\tilde{A} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{\mu_{\tilde{A}}(x_i)}, \quad (2)$$

где: x_i – i -те значение базовой шкалы.

Функция принадлежности $\mu_{\tilde{A}}(x)$ определяет степень уверенности эксперта в том, что данное значение базовой шкалы соответствует нечеткому множеству.

Если функция принадлежности непрерывна, то она может быть представлена в колоколообразной, треугольной или трапециевидной форме. Колоколообразная функция принадлежности имеет вид:

$$\mu(x) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x-b}{c}\right)^2}, \quad (3)$$

где: b – значение точки x , в которой $\mu(x)=1$ – абсцисса вершины колоколообразной функции; c – коэффициент колоколообразной функции.

Треугольная форма функции принадлежности характеризуется вершиной \bar{X} . Трапециевидная форма функции принадлежности характеризуется носителем $[x_0; \bar{x}_0]$ и ядром $[x_1; \bar{x}_1]$.

Качество продукции, как уже было указано, зависит от многих характеристик. Смоделировать же сложную систему трудно. Поэтому при моделировании системы учитывают только важнейшие характеристики, а несущественные – игнорируют. Тогда принимают решение на основании упрощенной модели. Есть и другой подход: несущественные характеристики в математическую модель не вводят явно, а учитывают их влияние приближенно, аппроксимируя нелинейные задачи линейными задачами с нечеткими коэффициентами. При таком математическом описании можно вводить количественные и качественные характеристики. Качественные характеристики интерпретируют как качественные переменные. Таким образом принимают решения на основании построения модели, в которой цели и ограничения могут быть сформулированы нечетко. Нечетко могут быть описаны ограниче-

ния, коэффициенты в математических описаниях ограничений. Нечеткими могут быть и ограничения, и коэффициенты в ограничениях (общий случай) [14]. При исследовании качества продукции необходимо решить задачу линейного программирования с подвижными границами ограничений, которые не являются классическими задачами линейного программирования. Рассмотрим случай, когда нечетко определены лишь границы ограничений. В частности, чтобы зерно ячменя было пригодно для пивоварения, содержание белка в нем должен быть в пределах 9-12%. Тогда надо рассмотреть ограничения вида:

$$a_{i1}x_1 + \dots + a_{in}x_n \lesseqgtr b_i, b_i + d_i, \quad (4)$$

где: ограничения могут изменяться от b_i к b_i+d_i ; $d_i \geq 0$.

Причем чем больше отклонение тем меньше степень его допустимости.

$$a_{i1}x_1 + \dots + a_{in}x_n = a_i \times x, \quad (5)$$

где: $a_i = (a_{i1}; \dots; a_{in})$,

$$x = (x_1; \dots; x_n).$$

Функция принадлежности может быть линейной, кусочно-линейной, гиперболической, экспоненциальной, кубической.

Нечеткая линейная модель имеет вид:

$$Z(x) = c \cdot x \rightarrow \max. \quad (6)$$

Характеристики $x = (x_1; \dots; x_n)$ выбирают из ограничений:

$$g_i(x) \equiv a_i \cdot x \lesseqgtr b_i, \quad b_i + d_i i = \overline{1, m_1}$$

$$g_i(x) \equiv a_i \cdot x \leq b_i, \quad i = \overline{m_1 + 1, m} \quad (7)$$

Векторов $x = (x_1; \dots; x_n)$, $C = (c_1; \dots; c_n)$; $a_i = (a_{i1}; \dots; a_{in})$ и числа $b_i i = \overline{1, m}$, $d_i > 0$ $i = \overline{1, m_1}$ действительны.

Согласно подходу Беллмана-Заде, по которому решение является сечением целей и ограничений, построим оптимизационную модель:

$$\lambda \rightarrow \max \quad (8)$$

$$\lambda \leq \mu_z(x),$$

$$\lambda \leq \mu_i(x) \quad \forall i = \overline{1, m_1},$$

$$0 \leq \lambda \leq 1; x \in U,$$

$\mu_z(x)\mu_i(x)$ – функции принадлежности целей и ограничений:

$$\lambda = \min(\mu_z(x), \mu_1(x), \dots, \mu_{m_1}(x)).$$

Если предположить, что все функции принадлежности линейные:

$$\mu_z(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } z(x) \leq w_0 - d_0 \\ 1 - \frac{z(x) - (w_0 - d_0)}{d_0} & \text{при } w_0 - d_0 < z(x) \leq w_0 \\ 1 & \text{при } w_0 \leq z \end{cases}$$

тогда нечеткая задача оптимизации будет сведена к детерминированному виду:

$$\begin{aligned} \lambda &\rightarrow \max, & (9) \\ d_0 \lambda - c \cdot x &\leq -(w_0 - d_0) \\ \lambda d_i + a_i \cdot x &\leq b_i + d_i \quad \forall i = \overline{1, m_1} \\ a_i \cdot x &\leq b_i \quad \forall i = \overline{m_1 + 1, m} \\ x &\geq 0; \lambda \geq 0. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \underline{w} &= \max z(x) \\ a_i \cdot x &\leq b_i \quad \forall i = \overline{1, m} \\ x &\geq 0; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bar{w} &= \max z(x) \\ a_i \cdot x &\leq b_i + d_i \quad \forall i = \overline{1, m_1} \\ a_i \cdot x &\leq b_i \quad \forall i = \overline{m_1 + 1, m} \\ x &\geq 0. \end{aligned}$$

Для оценки качественных характеристик химического состава овощной продукции целесообразно составить следующие целевые функции.

Целевая функция для оценки содержания питательных веществ:

$$z(x) = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 - \max, \quad (10)$$

где: x_1 – содержание углеводов, x_2 – содержание белков; x_3 – содержание жиров; x_4 – клетчатка; x_5 – содержание органических кислот.

Матрицу принадлежности можно определить по данным опытов выращивания овощной продукции, установив функциональные зависимости между количествами белков, жиров, углеводов, клетчатки и органических кислот при различных условиях выращивания. Для нахождения таких зависимостей можно использовать, например, метод наименьших квадратов. При ограничениях (например, для поздней капусты по ГОСТ 26768-85) x_1 (углеводы) $\geq 5-6\%$

Целевая функция для оценки содержания витаминов:

$$z(x) = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 - \max \quad (11)$$

где: x_1 – содержание витамина С (аскорбиновая кислота), x_2 – содержание витамина А; x_3 – содержание витамина В₁ (тиамин); x_4 – витамина В₂ (рибофлавин); x_5 – содержание РР (никотиновая кислота):

$$\begin{aligned} x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 &\geq 0-50 \\ x_1 &\geq 40-45; \quad x_2 \geq 0,01-0,02; \quad x_3 \geq 0,02-0,03; \quad x_4 \geq 0,03-0,04; \quad x_5 \geq 0,7-0,74. \end{aligned}$$

Целевая функция для оценки содержания минеральных веществ:

$$z(x) = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7,$$

где: x_1 - содержание Na; x_2 - содержание K; x_3 - содержание Ca; x_4 - содержание Mg; x_5 - содержание P; x_6 - содержание Fe; x_7 - содержание нитратов:

$$x_1 \geq 12-13; \quad x_2 \geq 170-185; \quad x_3 \geq 40-48; \quad x_4 \geq 13-16; \quad x_5 \geq 25-31; \quad x_6 \geq 0,3-0,6; \quad x_7 \leq 0,4.$$

Тогда для оценки качества химического состава овощной продукции целесообразно использовать интегральный показатель качества, который бы рассчитывался как:

$$I = \prod_{i=1}^4 I_i \quad (12)$$

I_1 – показатель товарного качества продукции;

I_2 – показатель оценки питательных веществ;

I_3 – показатель оценки содержания витаминов;

I_4 – показатель оценки содержания минеральных веществ.

ВЫВОДЫ

Проблему оценивания качества пищевой продукции целесообразно, по мнению автора, решить путем построения многокритериальной модели, которая обеспечила бы получение однозначной оценки качества продукции.

Многокритериальную модель оценки качества пищевой продукции целесообразно свести к задаче оптимизации с заданной целевой функцией, которая бы комплексно учитывала все показатели качества с нечетко описанными нужными характеристиками продукции.

Нечеткую задачу оптимизации (задачу с нечетко определенными ограничениями) целесообразно свести к задаче классического линейного программирования, используя подход Беллмана-Заде.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Systema upravlinnya yakisty. Osnovni pologennya ta slovnyk terminiv: DSTU ISO 9000:2007 [Chynnyivid 2008-01-01]. – К.: Dergstandart Ukrainy, 2008.35 – (Dergavnyi standart Ukrainy).
2. Yakist produktsii. Otsinyvannya yakosti. Terminy ta vyznachennya: DSTU 2925-94.- [Chynnyivid 1996-01-01]. – К.: Dergstandart

- Ukrainy, 1995.27 – (Dergavnyi standart Ukrainy).
3. Metodologia. Terminy ta vyznachennya: DSTU 2681-94.- [Chynnyi vid 1996-01-01].– K.: Dergstandart Ukrainy, 1994.68 – (DergavnyistandardUkrainy).
4. Arnauta O.V. 2010. Vyrobnystvo organichnoi harchovoi produktsii v Ukraini yak sposib pidvyshchennya ii bezpeky [Elektronny resurs] /Naukovi dopovidi NUBiP – regym dostupu: <http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2010-5/10aov.pdf>
5. Bober A.V. Zmina yakosti zerna yachmeny zalegno vid umov ta tryvalosti zberigannya [Elektronnyresurs]/ – Naukovi dopovidi NUBiP – 2010-5(21). – regym dostupu: <http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2010-5/10bavcds.pdf>
6. Gorodniy M.M. 2010. Vplyv zastosuvannya dobryv i peredposivnoi bakteryzatsii mikrobiologichnym preparatom na vrogajnist ta yakisni pokaznyky pshenytsi yaroj [Elektronnyresurs]/ Naukovi dopovidi NUBiP – regym dostupu: <http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2010-5/10 gmn.pdf>.
7. Kalenska S.M. 2010. Phizychni ta tehnologichni vlastyvoli zerna trytykale yarogo zalegno vid abiotychnyh i biotychnyh phaktoriv [Elektronny resurs – Naukovi dopovidi NUBiP – 2010-2(18). – regym dostupu: <http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2010-/10ksmabf.pdf>.
8. Myhalska O.M. 2011. Vplyv system udobrennya na vmist nitrativ v ovochevyh kulturah [Elektronnyresurs – Naukovidopovidi NUBiP – 2011-7(29). – regym dostupu: <http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2011-7/11mom.pdf>.
9. Syhomud O.G. 2011. Tehnologichni vlastyvoli zerna pshenytsi yaroj zalegno vid rivnya azotnogo gyvlennya. [Elektronnyresurs] – Naukovi dopovidi NUBiP – 2012-6 (35). – regym dostupu: http://www.nbu.gov.ua /e-journals/Nd/2012_6/12sog.pdf.
10. Systema HACCP. Hazard Analysis and Critical Control Point– Lviv: Leonorm, 2003– 216.
11. Gengalo O.M. 2010. Pozakoreneve pidgyvlennya vodorozchynnymy dobryvamy z mikroelementamy yak sposib optymizatsii umov gyvlennya pshenytsi ozymoi [Elektronnyresurs]/ – Naukovi dopovidi NUBiP – 2010-2 (18). – regym dostupu: <http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2010-2/10gom.pdf>
12. Voronkov O.G. 1988. Uroven kachestva produktyi kak obyekt optymizatsii: Prepr. /ANUSSR, In-t kibernetikyim. –14.
13. Kuts V.R. 2012. Kvalimetriya. Navch. posibnyk. – Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoi politehniky - 256.
14. Syavavko M.S. 2006. Osnovy ekonomichnoi inphormatyky. Navchalnyi posibnyk. – Lviv: «Magnolia Plys» - 236.
15. Orlovskiy S.A. 1981. Problemy pruynatyia resheni pry nechetkoyi ishodnoyi inphormatsii. – M.: Nauka. 208.
16. Wojtynka A. 2008. Periphyton community composition and water quality in rusałkalake In flow sandoutflow /Teka Kom. Ochr. Kszt. Środ. Przyr. – OL PAN – Lublin, – Tom5 - 164–169.
17. Mazur A. 2010. In fluenceof the predam reservoiron the quality of surface watersupp lyingreservoir „nielisz” / Teka Kom. Ochr. Kszt. Środ. Przyr. – OL PAN– Lublin, , Tom 7, 243–250.

THEORETICAL AND METHODOLOGICAL APPROACHES TO DEFINING ASSESSMENT OF QUALITY OF AGRICULTURAL PRODUCTS

Summary. The paper presents a unified assessment of food quality level. The quality of food as an object of evaluation of the characteristics of the chemical composition, displays objective function that depends on the individual characteristics of the products that can be determined experimentally. Multicriteriamodel ofevaluation food is reduced to the problem of optimization with a given objective function, which comprehensively considers all parameters of quality products, and clearly described the required characteristics of the product.

Key words: objective function, fuzzy set, qualitymetry, linear programming.

УРОВЕНЬ МЕХАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВАХ В КОНТЕКСТЕ УРАВНОВЕШЕННОГО РАЗВИТИЯ

Василь Липчук, Людмила Гнатышин

Львовский национальный аграрный университет

Vasyl Lypchuk, Lyudmyla Gnatyshyn

Lviv National Agrarian University

Аннотация. В статье исследовано сущность и особенности механизации производственных процессов при условии уравнившегося развития фермерских хозяйств. Доказано, что уровень механизации зависит от состояния технической базы фермерских хозяйств. Определено значение механизации в сельском хозяйстве. Представлена схема организации механизированных работ в фермерских хозяйствах. Предложены пути улучшения механизации производственных процессов.

Ключевые слова: сельское хозяйство, фермерские хозяйства, механизация, техника, производственный потенциал, ресурсы.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Современное состояние экономического развития Украины характеризуется усиленным стремлением государства и субъектов хозяйствования к обеспечению устойчивого, взаимообусловленного и уравнившегося развития сельскохозяйственного производства. Глубинная сущность экономической уравнищенности заключается в сохранении определенных равновесных пропорций между объектами в середине системы, а также между параметрами системы как единственного целого. Рядом с экономическими, дополнительными, но не менее важными факторами уравнившегося развития аграрной сферы являются экологические и социальные аспекты. В этом контексте условием уравнившегося развития фермерских хозяйств Украины в первую очередь является паритетное воссоздание структурных элементов производственного потенциала – земли, труда, капитала. При этом следует подчеркнуть, что процесс воссоздания производственного потенциала предусматривает не абстрактное его увеличение, а создание реальных предпосылок для более эффективного использования в деятельности фермер-

ских хозяйств. Одним из таких требований должен быть надлежащий уровень механизации производственных процессов. Научно обоснованные масштабы механизации являются важной предпосылкой рационального использования других ресурсов и звеном воспроизводительного процесса производственного потенциала, от которого зависит производительность труда, а также конкурентоспособность продукции и фермерского уклада в целом.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Теории фермерства, его общественной и производственной специфике посвящен ряд научных трудов [1, 6]. Положительно оценивая результаты исследований, стоит отметить, что в научной литературе развитие фермерства зачастую рассматривают без выделения и дифференциации проблем разных его направлений, в частности экономической стороны механизации.

Проблема механизации производственных процессов отрасли сельского хозяйства Украины является достаточно популярной среди научных работников и практиков преимущественно технического направления. В экономической литературе она не нашла широкого освещения. По большей части, ученые исследуют уровень технической обеспеченности [4] и его влияние на эффективность аграрного производства [11, 15]. Согласно утверждению В. В. Иванишина, “неудовлетворительное обеспечение сельского хозяйства техникой является одним из главных факторов, что приводит в последние годы до значительных потерь урожая, которые составляют около 4 млн т в год” [7, 4]. Аналогичную мысль мы встречаем и в С. В. Коробки, которая утверждает, что значительное влияние на объемы сельскохозяйственного производства имеет уровень материально-технического обеспечения [9, 116].

На важности привлечения новейших видов техники для повышения производительности труда и конкурентоспособности продукции сельского хозяйства на мировом рынке указывают А. М. Головкин, П. А. Денисенко и другие [5, 88]. Для подкрепления мнения этих ученых приведем пример Германии, где за последние годы производство сельскохозяйственной продукции на одного работника выросло почти вдвое – от 12900 до 26100 евро [16, 9]. Отметим, что в этой стране один фермер кормит сегодня 140 лиц, в 1990 году их было 73 и только 10 лиц 50 лет тому назад [19]. Достичь такого уровня производства удалось в основном за счет роста технической оснащенности, новейших технологий и эффективного использования техники. Предоставленная цифровая информация не сопоставима с соответствующими тенденциями в отечественном сельском хозяйстве, как правило, через пренебрежение закономерностей уравновешенности между природой, обществом и экономикой.

ПОСТАНОВКА ЗАДАНИЯ

При условии сохранения традиций занятости фермера и членов его семьи, наиболее полного привлечения в производственный процесс рабочей силы украинского села и избежание давления на окружающую естественную среду, очертить пути достижения и предел оптимального уровня механизации производственных процессов в фермерских хозяйствах, как важного фактора и звена воссоздания производственного потенциала.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Параметры изменений в обеспечении и использовании тракторов тесно связаны с изменениями в сельском хозяйстве [18, 185]. Структурные изменения, что произошли в численности предприятий разных организационно-правовых форм ведения хозяйства, существенно отразились и на количестве технических средств, которые используются в производстве сельскохозяйственной продукции (табл. 1).

В течение исследуемого десятилетия состоялось снижение общего количества основных видов техники, в частности тракто-

ров на 8,1% и зерноуборочных комбайнов на 4,4%. Однако за последние 5 лет наблюдается незначительный рост общего количества как тракторов (на 1,9%), так и зерноуборочных комбайнов (на 0,3%). Рост количества зерноуборочных комбайнов в фермерских хозяйствах, по нашему мнению, не целесообразно рассматривать как улучшение технической оснащенности, поскольку оно в основном состоялось не за счет приобретения новой техники, а по большей части – бывшей в употреблении. Здесь напрашивается, по крайней мере, два вывода: во-первых, уменьшение общей численности предопределено пополнением машинотракторного парка высокопродуктивной мощной техникой. И, во-вторых, значительный рост количества технических средств в хозяйствах населения является свидетельством того, что отдельные из них фактически являются предпринимательскими структурами, имеют достаточно (больше 10 гектаров) земли и предоставляют механизированные услуги. То есть сформировалась прослойка крестьян, которые работают на принципах фермерства, однако не являются юридическими лицами.

В разных категориях сельскохозяйственных производителей уровень обеспеченности техникой в целом и тракторами в частности отличается (табл. 2.). Это является свидетельством того, что в первую декаду нового тысячелетия, невзирая на общее снижение показателя обеспеченности фермерских хозяйств тракторами на 100 гектаров сельскохозяйственных угодий, уровень их обеспечения тракторами в целом является выше, чем в других категориях хозяйств.

Современный уровень технической обеспеченности фермерских хозяйств, как правило, основывается на широком использовании механизированных действий в производственном процессе. Механизация технологических сельскохозяйственных процессов является важным фактором в повышении производительности, эффективности ведения хозяйства, и воссоздании производственного потенциала фермерских хозяйств. Механизацию сельского хозяйства можно определить как замену в производстве ручного труда трудом машины.

Таблица 1. Динамика количества тракторов и зерноуборочных комбайнов в разных организационно-правовых формах хозяйствования Львовской области (на начало года), ед.*

Table 1. Dynamics of tractors and combine harvesters numbers in different organizational and legal farming forms of Lviv region (at the beginning of the year), units

Год	Всего	Сельскохозяйственные предприятия	Фермерские хозяйства	Хозяйства населения
Трактора				
2000	18600	10345	1055	7200
2005	16788	5808	1069	9901
2010	17102	4040	1005	12057
2010 р. до 2000 р. %	91,9	39,1	95,3	167,5
2005 р., %	101,9	69,6	94,0	121,8
Зерноуборочные комбайны				
2000	3036	2598	291	147
2005	2923	1701	361	861
2010	2933	1154	359	1420
2010 р. до 2000 р., %	96,6	44,4	123,4	Увеличилась в 9,7 раза
2005 р., %	100,3	67,8	99,4	165,0

* Источник: рассчитано по данным [13, с. 7, 10].

Составной частью механизации сельского хозяйства является моторизация как внедрение в производство двигателей, замена живой силы двигателями внутреннего сгорания. Соответственно, технический прогресс, как основу механизации, целесооб-

разно рассматривать как замену старых машин современными, более производительными, качественными, энергоэкономичными, более простыми [11, 11].

Значение механизации сельского хозяйства отражено на рис. 1.

Таблица 2. Обеспеченность тракторами разных категорий сельскохозяйственных производителей Львовской области (на 100 гектаров с.-г. угодий)*

Table 2. Tractors supply of different types of agricultural producers of Lviv region (100 ha of agricultural lands)

Год	Всего	Сельскохозяйственные предприятия	Фермерские хозяйства	Хозяйства населения
2000	1,46	1,78	2,02	1,12
Фермерские хозяйства к другим категориям хозяйств, %	138,8	88,1	100,0	55,3
2005	1,32	1,56	1,98	1,24
Фермерские хозяйства к другим категориям хозяйств, %	149,4	78,8	100,0	62,8
2010	1,35	0,97	1,63	1,53
Фермерские хозяйства к другим категориям хозяйств, %	121,0	59,3	100,0	93,6
2010 р. до 2000 р., %	108,1	184,2	123,9	73,2
2010 р. до 2005 р., %	97,9	160,8	120,9	81,1

* Источник: рассчитано по данным [3, с. 16; 17, с. 21].

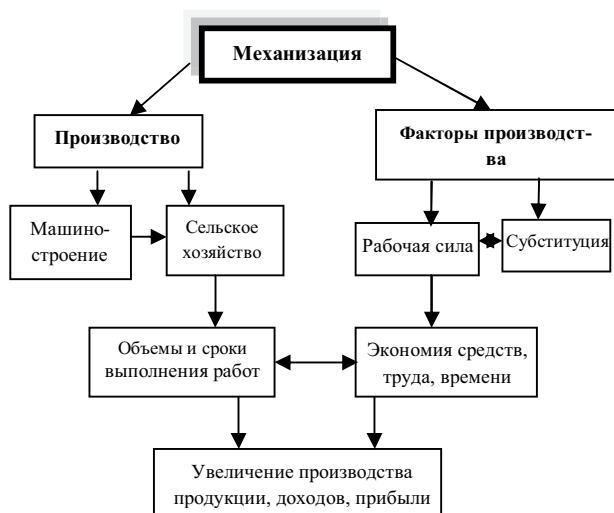


Рис. 1. Значение механизации в сельском хозяйстве

Fig. 1. Mechanization importance in agriculture

Рыночные условия ведения хозяйства ради надлежащего уровня механизации технологических процессов требуют от фермерских хозяйств своевременного формирования машинно-тракторного парка и его рационального использования с учетом фактора ограниченности. Решение о выборе трактора для фермерского хозяйства должно быть достаточно обоснованным, в противном случае можно получить полностью противоположные последствия к ожидаемым [8, 97]. Оптимальный уровень механизации является необходимым условием усовершенствования производства, улучшения условий труда фермера и наемных работников. Это в значительной мере достигается путем рационального соотношения и соблюдения требований взаимозависимости между механизацией сельского хозяйства, естественной средой, экономическими и социальными эффектами.

Кроме того, механизация каждого производства, в том числе и в сельском хозяйстве, связанная с субституцией (заменой) факторов производства [2, 36]. Субституция – это взаимная или односторонняя замена затрат (ресурсов) в процессе производства. Замещать можно один фактор другим. В практике ведения хозяйства нужно придерживаться принципа, чтобы заменять расходы менее эффективные более эффективными. Возможность субституции порождает конкуренцию между расходами и продукцией. Относи-

тельно данного исследования, то субституция касается замены рабочей силы, которая, кроме другого, выступает дефицитным ресурсом, техническими средствами, что обеспечивает высший уровень механизации в сельском хозяйстве, а соответственно, экономию труда, средств и времени. Существуют, однако, технические и экономические пределы субституции. Предел технической субституции означает возможности замены одного фактора другим. Граница экономической субституции заключается в том, что превышение какого-то уровня субституции становится нецелесообразным.

Различают в первую очередь механизацию сельского хозяйства и механизацию растениеводства и животноводства. Машины и орудия являются вспомогательными средствами производства и сами не создают новую стоимость, однако находятся в постоянной связи с производством и результатами ведения хозяйства. Применение машин является целесообразным тогда, когда вложенный в них капитал будет возвращен в форме амортизационных отчислений в установленные сроки.

Можно выделить такие экономические и организационные функции механизации:

- повышение производительности труда
- машины служат для улучшения качества труда, тем самым улучшая рост его производительности;
- повышение производительности земли
- механизация является важнейшим средством достижения высшей отдачи земли через рост урожайности;
- облегчение труда – механизация уменьшает затраты физических лиц и в то же время облегчает труд и делает его приятнее;
- уменьшение затрат труда – механизация заменяет основной труд, соответственно должна уменьшать затраты производства.

Механизация земледелия, по нашему мнению, влияет непосредственно или побочно на отдельные сферы, связанные с земледелием. Причем это влияние может быть как позитивным, так и негативным. Например, позитивное влияние на естественную среду проявляется в возможности выполнения работ в благоприятных условиях, благодаря достижению оптимальных сроков, бо-

лее эффективному использованию материалов, в частности воды, и особенно успешной борьбе с сорняками. Зато негативные последствия проявляются в тенденции к расширению части пахотных земель в структуре сельскохозяйственных угодий, в частности на территориях с несоответственными грунтовыми и климатическими условиями, а также применение технологий, что способствует эрозии почв. То есть, механизация всегда совмещает конструктивные измерения. Нагромождение капитала и рост производительности являются аспектами деструктивными: приравнивание труда до уровня товара, который продается на рынке, часто разрушая естественную экологическую основу, необходимую для воссоздания жизни и производства.

Социальные эффекты механизации проявляются в преодолении главного социального превращения – увеличении части зависимых от случайных заработков крестьян, распространении безработицы, в отрасли сельского хозяйства. Зато наличие у крестьянина моральной и материальной ответственности за порученную ему в пользование современную технику при условии постоянной, или даже частичной занятости, побуждает к почтительному отношению к труду, имуществу, повышает престижность труда механизатора.

Функционирование фермерских хозяйств нуждается в постоянном удовлетворении производственно-финансовых расходов, для чего необходимо непрерывное возобновление технических средств, а значит и процесса их привлечения или формирования. Конечно, формировать экономическую систему машин для небольшого за размерами фермерского хозяйства в современных условиях нецелесообразно и некорректно. Фермер сам решает, сколько нужно иметь тракторов и каких марок; стоит ли покупать комбайн и грузовой автомобиль; сколько нужно иметь других сельскохозяйственных машин, механизмов и оборудования; что является эффективнее – покупать новую технику или ту, которая была в эксплуатации. При недостаточном техническом обеспечении фермерских хозяйств работы выполняются несвоевременно, поэтому уменьшается объем производства продукции, а следовательно, и

размер прибыли (дохода). При избыточном техническом обеспечении размер прибыли также будет снижаться в результате высокой себестоимости продукции. Поэтому проблема сводится к определению уровней потребности хозяйства в технических средствах. Основной из них – минимальный или жизненно необходимый уровень – предусматривает механизацию в каждом хозяйстве основных полевых работ независимо от способов получения технических средств: трактора, основных сельскохозяйственных машин и орудий. Такой подход является реальным, поскольку фермеру более выгодно получать технику со стороны, чем самому ее покупать и не полностью использовать. Значимость данного вопроса усиливается еще и небольшими площадями землепользования, что характерно для фермерских хозяйств, которые требуют высшей интенсивности труда и капитала.

Рассматриваемая проблема имеет несколько аспектов.

Во-первых, ситуация на рынке сельскохозяйственной техники количественно и качественно тесно связана со стадией развития сельскохозяйственной механизации [14, 170]. По этому поводу отметим ограниченные возможности фермера для приобретения сельскохозяйственной техники из-за отсутствия необходимых мощностей для ее производства в Украине, недостаточного ассортимента и сокращения объемов производства. Кроме этого, проблема усложнена несовершенством рынка средств производства и диктатом цен со стороны предприятий-монополистов, которые производят и поставляют технику сельским товаропроизводителям.

Во-вторых, насущной проблемой было и остается отсутствие средств у крестьян для приобретения отечественной или зарубежной техники. Ведь необходимого начального капитала для приобретения основного технического средства – трактора – у фермеров, как правило, нет, а возможность привлечь его на приемлемых условиях – отсутствует. Вместе с тем, во многих селах, особенно западного региона Украины, в последнее десятилетие мощным источником доходов стали заграничные заработки, которые в значи-

УРОВЕНЬ МЕХАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВАХ В КОНТЕКСТЕ УРАВНОВЕШЕННОГО РАЗВИТИЯ

тельной мере инвестируются именно в техническую оснастку фермерских хозяйств.

В-третьих, техническая оснастка фермерского хозяйства ограничивается экономической целесообразностью. Для каждого хозяйства нужной является обеспеченность самым необходимым набором сельскохозяйственных машин и орудий. Однако при этом проявляются два противоречия, решить которые каждому отдельному фермеру достаточно сложно. Это возможность эффективного использования сельскохозяйственных машин лишь на больших за размерами площадях земли в возделывании, которая в крестьянских хозяйствах ограничена, и желания каждого отдельного фермера иметь собственный необходимый набор машин и орудий. Через ограниченность площадей землепользования, а соответственно и ограниченность объема механизированных работ, фермеры сегодня не в состоянии обеспечить достаточную занятость технических средств на протяжении года. Кроме этого, отдельные из этих средств, в первую очередь комбайны, используются сезонно, другие – специализированная техника – от случая к случаю. Все вышеизложенное приводит к дисбалансу производственных факторов, значительных эксплуатационных перерасходов, и не способствует эффективному их использованию, что, в конечном счете, отражается на результативности ведения хозяйства.

В-четвертых, существенными являются ограничения социального и психологического характера, к которым можно зачесть следующее: низкий квалификационный уровень фермеров, ухудшения вековой ситуации, на селе, сельский образ жизни, менталитет и традиции местного населения. Все перечисленное усложняет процессы технического обеспечения фермерства и порождает необходимость кооперации или неформального объединения крестьян для общего использования технических средств. Таким образом, раздробленность хозяйств, плохая инфраструктура, небольшие масштабы производства ограничили способность большинства фермеров инвестировать в современные средства производства. Задержки в структурных превращениях, низкий уровень образования, отсутствие специализации, и недостаточно развитые связи между сель-

ским хозяйством и бизнесом, небольшие масштабы производства и высокий уровень занятости в большинстве хозяйств препятствуют модернизации ферм [14, 171].

Следовательно, проблема механизации технологических процессов фермерских хозяйств может разрешаться несколькими способами (рис. 2).

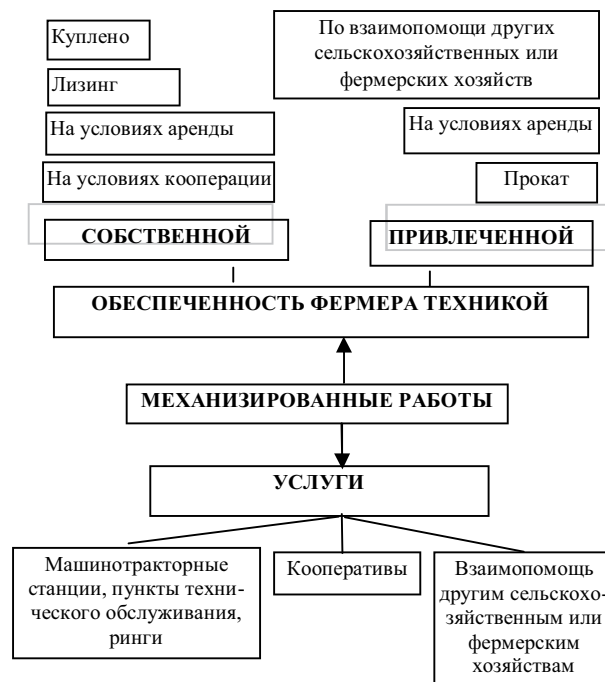


Рис. 2. Схема организации выполнения механизированных работ в фермерских хозяйствах

Fig. 2. Management plan of mechanized work implement of farm enterprises

Достаточно часто фермерские хозяйства вынуждены формировать собственный основной капитал за счет бывшей в употреблений техники, что привело к возникновению вторичного рынка техники, который целесообразно рассматривать как составную часть основного рынка техники, что развивается и не нуждается в государственной регуляции [12, 95].

Трудности с обеспечением фермеров специальной техникой и сельскохозяйственными машинами приводит к мысли, что фермеры в достаточном и разумном количестве могут и должны привлекать технические средства со стороны. Единственное предостережение заключается в том, что основные работы по возделыванию почвы, уходу за посевами и уборке урожая должны

выполняться фермерами самостоятельно. В противном случае будут нивелируемыми те преимущества фермерского хозяйства, которые заключаются в заботливом отношении к земле, технике, тщательном соблюдении всех технологических требований. Применение одолженной техники или получение услуг, прежде всего, негативно будет влиять на качество и сроки выполнения технологических приемов.

Учитывая проблему привлечения кредитов, фермерские хозяйства разрешают указанный вопрос за счет получения технических средств в аренду, напрокат, использование услуг других сельскохозяйственных предприятий или машинно-технологических станций, создание кооперативов для общего пользования техникой.

ВЫВОДЫ

Следовательно, степень технической оснащенности, прежде всего, проявляется в высшем уровне механизации сельского хозяйства, отдельных его отраслей и производственных процессов, что позволяет расширять параметры сельскохозяйственного производства и увеличивать объемы выпуска продукции, повышать производительность труда и уменьшать потребность в живом труде, снижать потери продукции и зависимость отрасли от атмосферных условий.

Сегодня значительная часть фермеров ориентируется на существенное расширение масштабов своих хозяйств в перспективе, поэтому считает нецелесообразным срочное приобретение маломощной и непродуктивной техники, а использует другие способы ее привлечения в хозяйство со стороны, аккумулируя тем самым средства для будущих вложений в технику.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Artemenko A. M. 2008. Organizaciyno-economiczni osnovy rozvytku fermers'kyh gospodarstv : monographia. – K.: NNC IAE. 272.
2. Farafonova N. V. 2012. Optyimizaciya vykorystannya vyrobnychyh resursiv sil'skogospodars'kymu pidpryemstvamy // Economichnyy chasopys – XXI. – № 1-2. 36-39.
3. Fermers'ki gospodarstva L'vivshyny : stat. zb. – Lviv : Golovne upravlinnya statystryky u Lvivs'kiy oblasti, 2010. – 112.
4. Gnatyshyn L. B. 2012. Normatyvni metody vyznachennya potreby fermers'kyh gospodarstv u tehnicnyh zasobah. – Naukovyy visnyk nacional'nogo lisotehnicznego universytetu Ukrainy : zbirnyk naukovykh prac'. – Lviv : RVV NLTU Ukrainy. – Vyp. 22.4. 134-139.
5. Golovko A. M. 2005. Osnovni tendencii rozvytku rynku sil'skogospodars'koi tehniky providnyh zarubiznyh krain. / Ekonomika APK. – № 2. 88-94.
6. Goryovyy V. P. 2007. Fermerstvo Ukrainy: teoria, metodologia, praktyka : monographia. – K. : NNC IAE. 540.
7. Ivanyshyn V. V. 2005. Strategichni napryamky silskogospodarskogo mashynobudovannya v Ukraini // Ekonomika APK. – № 1. 3-8.
8. Izdebski W. 2005. Hierarchia waśności czynni-kow techniczno-organizacyjnych wpywających na efektywność obsługi technicznej ciągnikow rolniczych jako narzędzie wspomaganie decyzji o zakupie ciągnika. / MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 7. 97-104.
9. Korobka S. V. 2007. Material'no-tehniczne za-bezpechennya malogo pidpryemnyctva // Visnyk Kharkivs'kogo nacional'nogo tehnicznego universytetu sil'skogo gospodarstva : economiczni nauky. – Vyp. 56. 116-123.
10. Lypchuk V. V. 2010. Fermers'ki gospodarstva: stan, problemy ta strategii rozvytku : monographia. – L'viv: Magnolia. 236.
11. Lypchuk V. V. 2012. Stan, problemy ta shlyahy pokrashchennya tehnicnoi zabezpechenosti fermers'kyh gospodarstv : monographia – L'viv : Spolom. 224.
12. Makarenko P. M. 2011. Economichne vidtvo-rennja agrarnogo vyrobnyctva v umovah rynku : Monographia. – Melitopol' : «Lyuks». 348.
13. Nayavnist' tractoriv, sil'skogospodars'kyh machyn i energetychnyh potuznostey u sil'skogospodars'kyh pidpryemstvah L'vivs'koi oblasti na 1 sichnya 2010 roku : stat. byul. – L'viv : Golovne upravlinnya statystryky u L'vivskiy oblasti, 2010. – 26.
14. Pawlak J. 2005. Tendencjes on the polish tractor market // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 5. 168-176.

15. Pidlisec'kyy G. M. 2008. Ekonomichni prob-lemy tehničnogo zabezpečennya sil's'kogo gospodarstva. / *Economika Ukrainy*. - № 11. 81-87.
16. Sachenko V. 2004. Tendencii rozvytku sil's'kogospodars'koi tehniki. / *Tehnika APK*. - № 1–2. 8-16.
17. Sil's'ke gospodarstvo L'vivshyny : stat. zb. – L'viv : Golovne upravlinnya statystryky u L'vivs'kiy oblasti, 2010. – 173.
18. Szeptycki A. 2003. Prognoza wyposażenia polskiego rolnictwa w ciągniki, kombajny i samochody / A. Szeptycki, Z. Wojcicki // *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 5*. 184–191.
19. Trechow P. 2008. Maschinenbauer für den Acker. / *Hochschulanzeiger*. – № 96. 44.

**MECHANIZATION LEVEL OF
PRODUCTION PROCESSES IN FARM
ENTERPRISES IN THE CONTEXT OF
BALANCED DEVELOPMENT**

Summary. An essence and peculiarities of production processes mechanization under condition of balanced development of farm enterprises are investigated in the article. It is proved that mechanization level depends on the condition of the technical base of farm enterprises. The mechanization importance is determined in agriculture and mechanized work management of farm enterprises is characterized. Ways of improvement of mechanization production processes are suggested.

Key words: agriculture, farm enterprises, mechanization, machinery, production potential, resources.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ КОНВЕКТИВНОЙ ГЕЛИОСУШИЛКИ ФРУКТОВ

Сергей Коробка

Львовский национальный аграрный университет

г. Дубляны, ул. Владимира Великого 1

Sergij Korobka

Lviv National Agrarian University

Аннотация. Проанализированы результаты экспериментальных исследований процесса сушки фруктов, с целью интенсификации и разработки энергоэффективной технологии получения сухих продуктов.

Ключевые слова: сырье фруктов, экспериментальные исследования.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В практике имеется большое количество различных способов и методов сушки фруктов, в основном они основаны на теплофизических явлениях процесса испарения влаги из продукта. Это обуславливается специфическими свойствами химического состава клеток фруктов, которые характеризуются термолабильностью, а также повышенной чувствительностью к внешним факторам (изменения температуры и влажности, скорости теплоносителя, давления среды, скорости обезвоживания и т.д.) [1]. Для обеспечения процесса сушки необходимы значительные затраты тепловой энергии. В качестве тепла можно использовать энергию солнца, для этого необходимо иметь, конструкцию гелиосушилки с оптимальными параметрами.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Анализ литературных источников позволяет проследить и рассмотреть различные варианты солнечных гелиосушительных установок для сушки фруктов, где рассмотрено современное состояние и перспективы снижения энергозатрат в технологии сушки фруктов, технических средств сушки, перспективы использования гелиоустановок в процессе сушки фруктов [2, 3, 4, 5, 6].

Исследованием конструктивно - технологических параметров и технологии сушки фруктов в солнечных гелиосушительных установках посвящены труды ученых: Умарова

Г.Я., Тюрина Ю.Г., Умарова Г.Г., Сафонова М.М., Ачилова Б.М., Назарова Н. Г., Хусаинова У.М., Вагенаса Г.К., Карнеги Г.И. и другие [7, 8, 9, 10, 11].

Однако вопросу разработки и исследования технологических процессов сушки фруктов в солнечных гелиосушительных установках уделено недостаточно внимания, что требует дальнейшего решения.

ПОСТАНОВКА ЗАДАНИЯ

Обосновать конструктивно-технологические параметры гелиосушилки для сушки фруктов.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Нами предложена гелиосушилка, что имеет рамную конструкцию, в которой передняя фронталь состоит из приточного канала 1, входного коллектора, выполненного из светопрозрачного материала (стекла) и абсорбера. Абсорбер изготовлен из листового алюминия, покрытого термостойкой матовой черной краской ϵ'_λ - интегральный степень черноты, которой равен $\epsilon'_\lambda = 0,9$ ($\epsilon'_\lambda = 0,97$ для $(\lambda - \text{толщина слоя покрытия, мкм}) \lambda = 4,40 \text{ мкм}$ и $= 0,96$ для $\lambda = 8,8 \text{ мкм}$) 4. Как, дополнительный источник аккумуляции солнечного излучения используют аккумулятор 5, верхний слой которого, служит тепло воспринимающей поверхностью, и размещен в низу камеры.

Циркуляция подогретого воздуха (сушительного агента 1...2,13 м/с) обеспечивается осевым вентилятором 2, который работает в режиме нагнетания или всасывания. Между абсорбером и аккумулятором расположен воздухопровод, который осуществляет подачу сушительного агента (воздуха) к сушительной камере 6 [12].

Отвод отработанного сушительного агента и регулирование относительной влажности

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ КОНВЕКТИВНОЙ ГЕЛИОСУШИЛКИ ФРУКТОВ

воздуха в сушильной камере осуществляется через вытяжной канал 7, с установленным дефлектором, и теплоизолированной стенкой (рис. 1).

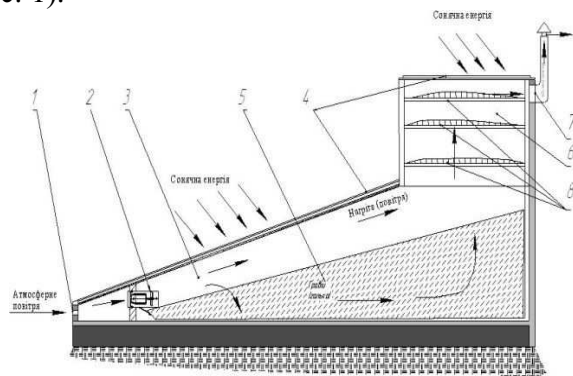


Рис. 1. Конструктивно-технологическая схема экспериментального образца гелиосушилки: 1 - приточный канал; 2 - осевой вентилятор; 3 - воздухопровод; 4 - воздушный коллектор; 5 - аккумулятор; 6 - сушильная камера; 7 - вытяжной канал (дефлектором); 8 - решетка

Fig. 1. Structural and technological scheme of the experimental sample of the helioshield: 1 - supply channel, 2 - axial fan, and 3 - the air, 4 - air manifold, 5 - battery; 6 - drying chamber, 7 - exhaust duct (deflector) 8 - sieve

Гелиосушилка работает следующим образом. Решетка 8 заполняется фруктами на 3/4 своей площади. Воздух из окружающей среды под действием осевого вентилятора 2 поступает в воздухопровод, проходит между абсорбером входного коллектора и поверхностью аккумулятора, подогревается, поступает в сушильную камеру. Избыток тепловой энергии воспринимает аккумулятор.

Отработанный сушильный агент поступает в вытяжной канал, и удаляется. В ночное время гелиосушилка работает за счет тепла, накопленного в аккумуляторе [13].

Экспериментальные исследования гелиосушилки проведены для оценки следующих параметров: интенсивность излучения на воспринимающую поверхность, E Вт/м², температура окружающей среды, T_{oc} (°C), температура сушильного агента (теплоносителя), T_{ca} (°C), температура аккумулятора, $T_{ак}$ (°C), температура материала, T_m (°C); скорость движения сушильного агента, v_c м/с; влажность фруктов, W (%).

На основании этих данных можно рассчитать:

- количество полученной тепловой энергии гелиосушилкой, $Q_{те}$ (кДж);
- тепловую мощность гелиосушилки $Q_{гс}$ (Вт/м²);
- тепловую мощность аккумулятора $Q_{ак}$ (Вт/м³),
- расход теплоносителя, Q (м³).

Исследования проводились с 24 по 25 августа 2012 года.

С помощью специализированного программного обеспечения: TPara 8; UNI-T UT-362; UNI-T UT-70B; Graphik, можно снимать показания приборов (результаты измерений), изменять установку приборов, архивировать, осуществлять управление системой, регулирование, сигнализацию, поддерживать связь с ПК.

Для измерения температуры окружающей среды, теплоносителя, аккумулятора, использовалось 8 датчиков термосопротивления и восьмиканальный измеритель-регулятор температуры РТ-0102-8 с выводом результатов измерений на ПК. Температура и влажность фруктов измерялась прибором БФС-1А. Скорость циркуляции сушильного агента и расход теплоносителя, исследовали с помощью термоанемометрического измерителя УТ - 362. Поступление интенсивности солнечного излучения на воспринимающую поверхность, воздушного коллектора, измеряли фотоэлектронным измерителем MS6610 и счетчиком LB - 901. Дополнительно измеряли влажность воздуха, с помощью психрометрического измерителя РТ-0102.

Результаты исследований. Эффективность работы конвективной гелиосушилки зависит от факторов: ориентации воздушного коллектора, угла наклона его поверхности, географической широты для г. Корец - 50,61° (Ровенской области), а также загрязнение воздуха. В период проведения исследования среднее значение интенсивности солнечного излучения находилось в пределах 700 - 1100 Вт/м², однако стоит отметить, что максимум был зафиксирован 24 августа в 13:00 (1345,5 Вт/м²).

На примере двух, различных за облачностью неба дней, проследим, какое влияние имеет интенсивность солнечного излучения на коллектор. Проанализируем интенсивность солнечного излучения 24 августа. Этот

день был солнечным с небольшой облачностью в период с 10:00 до 13:00 часов, интенсивность солнечного излучения повысилась с 1135 до 1345,5 Вт/м², однако с 15:00 интенсивность - снизилась до 949 Вт/м², что отражено на рис. 2 [14].

25 августа с 14:00 небо стало затягиваться облаками, и интенсивность солнечного излучения на коллекторе изменилась с 1224 до 1053 Вт/м².

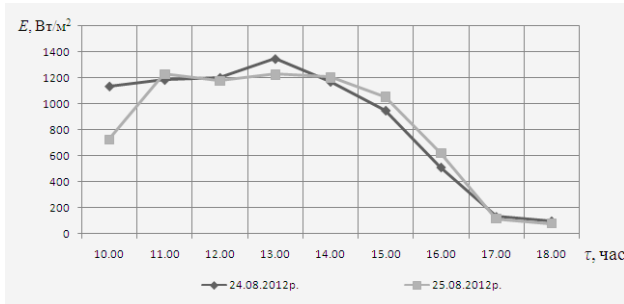


Рис. 2. Средняя интенсивность солнечного излучения в течение 24 и 25 августа 2012 года

Fig. 2. The average intensity of solar radiation at 24 and 25 August 2012 year

Проанализированы все параметры работы гелиосушилки двух исследуемых дней. В дневное время 24 и 25 августа мощность гелиосушилки равнялась в среднем 100 - 120 Вт/м².

Учитывая то, что действующая поглощающая поверхность гелиосушилки имеет 0,5 м², может получать в среднем 103 Вт/м²-163 Вт/м² тепловой энергии. Однако, согласно счетчика тепловой энергии, гелиосушилка изготовляла энергии в границах 20 – 180 Вт/м².

Графически (рис. 3) отразим мощность гелиосушилки, количество полученной тепловой энергии (рис. 4).

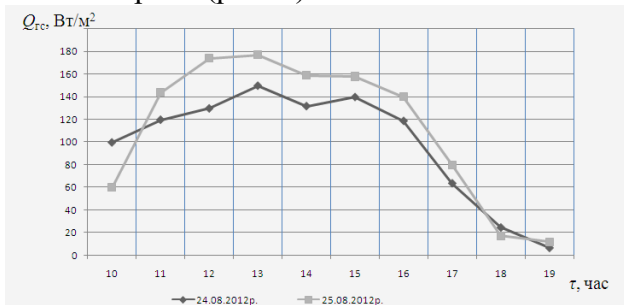


Рис. 3. Средняя мощность гелиосушилки течение 24 и 25 августа 2012 года

Fig. 3. Average power geliosushilki for 24, 25 August 2012 year

Формы графиков мощности и энергии, что получала гелиосушилка подобные. 24

августа гелиосушилка получила максимальную энергию 500 кДж, при максимальной мощности – 120 – 150 Вт/м² (о 14:00 и 16:00 часах) [15].

Максимальная мощность гелиосушилки была 25 августа, и равна 144 – 177 Вт/м², что привело к росту полученной энергии – 700 кДж (о 12:00 и 14:00 часах) [16].

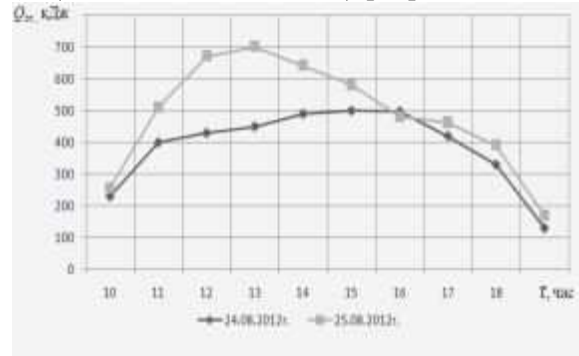


Рис. 4. Количество тепловой энергия полученной гелиосушилкойю 24 - 25 августа 2012 года

Fig. 4. Number of thermal energy produced-geliosushilkoyu 24 - 25 August, 2012 year

На рисунках 5 и 6 отображено температуру теплоносителя в разные периоды 24 – 25 августа. Следствии большой интенсивности солнечного излучения является повышение температуры теплоносителя, протекающего через коллектор. Так, 24 августа от 10:00 до 15:00 часов аккумулятор подогревался с 31,7 до 54,15°С, тогда, как 25 августа с 10:00 до 15:00 часов температура аккумулятора менялась с 32,45 до 53,55 °С.

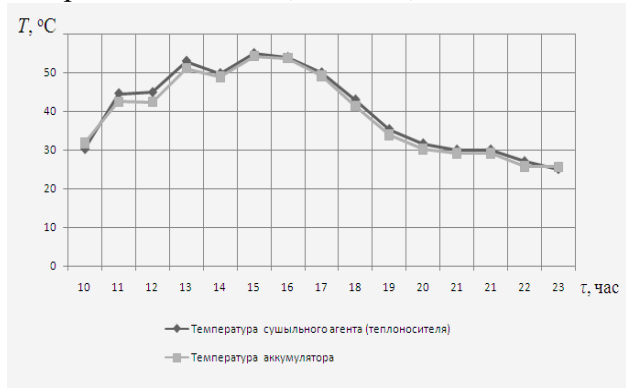


Рис. 5. Температура теплоносителя, протекающего через коллектор и аккумулятора в разные по интенсивности солнечного излучения периоды 24.08.2012 года

Fig. 5. Pour the coolant flowing through the collector and the batteryre different in the intensity of solar radiation, the period 24.08.2012 year

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ КОНВЕКТИВНОЙ ГЕЛИОСУШИЛКИ ФРУКТОВ

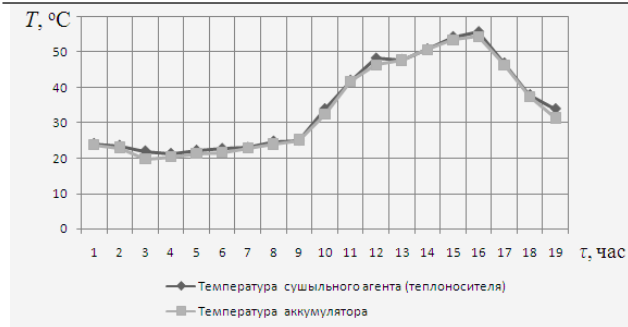


Рис. 6. Температура теплоносителя, протекающего через коллектор и аккумулятора в разные по интенсивности солнечного излучения периоды 25.08.2012 года

Fig.

6. The temperature of coolant flowing through the collector and the battery are different in the intensity of solar radiation, the period 25.08.2012 year

Подобным образом, изменялась и температура теплоносителя в солнечном коллекторе. 24 августа в 10:00, температура теплоносителя составляла 30,2 °С, с 13:00 до 15:00 теплоноситель нагрелся до максимальной температуры 55 °С, после чего с 15:00 до 19:00 температура теплоносителя снизилась до 35,3 °С.

25 августа теплоноситель с 10:00 до 13:00 часов нагревался от температуры 34 °С до температуры 48 °С, и в 16:00 достиг температуры 54,5 °С [17].

Характер изменения исследуемых параметров в сушильной камере в процессе сушки в дневное время суток представлен на рис. 7, в ночное время – рис. 8.

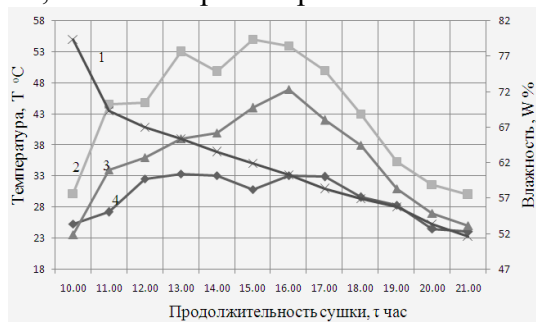


Рис. 7 Изменения температуры фруктов в дневное время суток: 1 – влажность фруктов; 2 – температура в сушильной камере; 3 – температура фруктов; 4 – температура окружающей среды

Fig. 7 Changes in the temperature of fruit during the day: 1 - humidity fruit; 2 - the temperature in the drying chamber; 3 - fruit temperature; 4 - ambient temperature

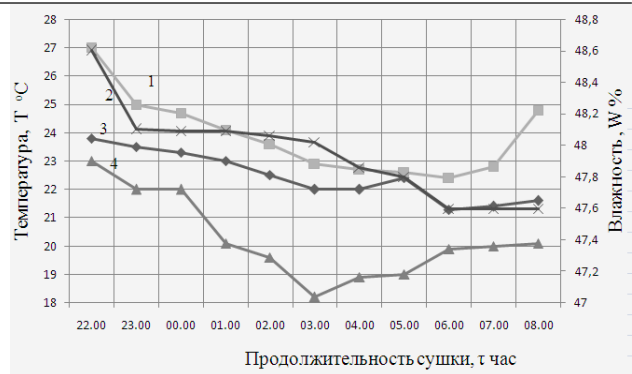


Рис. 8. Изменения температуры фруктов в ночное время суток: 1 – температура в сушильной камере; 2 – влажность фруктов; 3 – температура окружающей среды; 4 – температура фруктов

Fig. 8. Changes in temperature of fruit at night: 1 - the temperature in the drying chamber; 2 - humidity fruit; 3 - ambient temperature; 4 - fruit temperature

Так 24 августа в дневное время суток от 9:45 до 18:15 часов атмосферный воздух прогрелся с 25,3 до 30,4 °С, тогда, как в ночное время суток с 24 на 25 августа от 22:00 до 8:00 часов температура атмосферного воздуха изменялась с 21,6 °С до 23,8 °С.

Аналогически, менялась и температура в сушильной камере 24 августа в дневное время суток от 10:00, когда температура теплоносителя в сушильной камере была 31,3 °С.

В 14:00 теплоноситель нагрелся к максимальной температуре 55,1 °С, и поддерживался от 14:45 до 15:15, после чего от 15:45 температура снизилась к 54,3 °С [18, 19].

В ночное время суток 24 на 25 августа теплоноситель в сушильной камере от 22:00 до 6:20 часов снизился от температуры 27 °С до температуры 23 °С. В 8:00 часов теплоноситель равномерно подогрывается, достигает температуры 24,8 °С [20].

Диаграмму изменения температуры фруктов можно разделить на 3 зоны. С 10:00 до 12:00 плавный набор температуры: температура фруктов повышается от 23,6 до 36 °С. В 12:00 часов фрукты начинают более интенсивно прогреваться и в течение одного часа их температура достигает 39 °С. С 15:00 до 16:00 температура фруктов поднялась до 47 °С. Начиная с 17:30 интенсивность прогрева фруктов уменьшилась, и в 21:00 температура фруктов снизилась до 25 °С, и поддерживалась на указанном уровне в ночное

время сушки, для предотвращения повышения влажности (образование точки росы на сырье) [21].

Чем выше начальная влажность фруктов ($W_{\phi} = 79,4 - 47,86\%$), большая скорость сушки тем короче продолжительность сушки. Это объясняется тем, что в начале испаряется поверхностная влага ($W_{\phi} = 79,4 - 47,86\%$), а влага из внутренних слоев фрукта ($W_{\phi} = 47,86 - 47,6\%$) постоянно движется к внешним слоям, но не успевает подойти к внешней поверхности сырья ($W_{\phi} = 47,6 - 34,9\%$), в этот период наступает убывающая скорость сушки, и углубление зоны испарения внутрь сырья.

ВЫВОДЫ

Гелиосушилка обеспечивает гарантированное высушивание партии фруктов в течение 33 часов дневного и ночного времени. Удельная нагрузка составляет до 1 кг высушенных фруктов на квадратный метр площади горизонтального коллектора. При обеспечении сушки партий фруктов, с различной влажностью.

Обоснованны конструктивно - технологические параметры гелиосушилки: габаритные размеры гелиосушилки $1500 \times 500 \times 500$ мм; угол наклона нижнего коллектора к горизонту 30° , площадь нижнего коллектора - $0,5 \text{ м}^2$; масса гравийного аккумулятора - 50 кг/м^3 ; мощность привода осевого вентилятора - 120 Вт, количество полученной тепловой энергии гелиосушилкой, $Q_{\text{те}}$ - 100 - 700 кДж; тепловая мощность гелиосушилки $Q_{\text{те}}$ - 20 - 180 Вт/м²; тепловая мощность аккумулятора $Q_{\text{ак}}$ - 34 - 270 Вт/м³, температура аккумулятора $T_{\text{ак}}$ - 31,7 - 54,15 °С, параметры сушильного агента (теплоносителя): температура сушильного агента $T_{\text{са}}$ - 30 - 55 °С, скорость движения сушильного агента, $v_{\text{ц}}$ - 1 - 2,13 м/с; влагосодержание d - 10-200 г/кг сухого воздуха.

Предложенная конструкция солнечной гелиосушильной установки разрешает снизить энергозатраты в технологии сушки фруктов, за счет использования энергии солнца.

Решение научно-технической проблемы по улавливанию и преобразованию солнечной энергии в тепловую и использования ее для сушки фруктов, является актуальной и

на сегодняшний день. Особенно, на нынешнем этапе поиска и использования экологически чистых источников тепловой энергии в агропромышленном комплексе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Lykov A.V. 1968. Teoriya sushki, - М.: Energiya. 472.
2. Lykov A.V. 1970. Teplomassoobmen spravochnik, - М.: Energiya. 480.
3. Ginzburg A.S. 1973. Osnovy teorii i tekhniki sushki pishchevykh produktov, - М.: Pishch. promyshlennost'. - 528.
4. Ginzburg A.S. 1966. Infrakrasnaya tekhnika v pishchevoy promyshlennosti, - М.: Pishch. promyshlennost'. - 408.
5. Krisher A.P. 1961. Nauchnyye osnovy tekhniki sushki, - М.: Energiya. - 539.
6. Ekkert E.R., Dreyk R.M. 1961. Teoriya teplo- i massoobmena, - М.: Gosenergoizdat. - 680.
7. Funkcjonalnosczintegrowanego system ugrzewczego w ogrzewanych tunelach foliowych / rraczbirowa pod redakcji Slawomira Kurpaski. - Krakow: polskie towarzystwo inzynieri i rolniczej, 2004. 80.
8. Kats Z.A. 1972. Sushka pishchevykh produktov v vibrokipyashchem sloye,- М.: Energiya. 44.
9. Filonenko G.K. 1971. Sushka pishchevykh rastitel'nykh materialov,- М.: Energiya. 440.
10. Nikitenko N.I. 1983. Teoriya teplo- massoperenosa, - М.: Energiya. 352.
11. Krasnikov V.V. 1988. Teoriya teplo- i massoobmena i yeye primeneniye,- М.: Pishchevaya prom. 345.
12. Lutsik R.V. 1992. Vzaimosvyaz' deformatsionno - relaksatsionnykh i teplomassoobmennyykh protsessov, - М.: Vysshayashkola. 183.
13. Anoshin I.M. 1970. Teoreticheskiye osnovy massoobmennyykh pishchevykh proizvodstv, - М.: Pishchevaya promyshlennost'. 344.
14. Achilov B.M., 2011. Wynikibadania przeprowadzonego przez suszenie owocow geliosushilnoy karuzelę instalacji, - Motrol. Lublin, - Tom 13B. 46-51.
15. Vagenas G.K. 2010. Kinytyka suszenia owocow / MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture - Lublin, Vol. 12B. 116-121.

16. Flaumenbaum B.L. 1986. Osnovy konservirovaniya pishchevykh produktov, – M.: Agropromizdat, 494.
17. Pleshkov B.P. 1987. Biokhimiya sel'skokhozyaystvennykh rasteniy, – M.: Agropromizdat, 494.
18. Telezhenko L.N. 2004. Biologicheskiye aktivnyye veshchestva fruktov i ovoshchey i ikh sokhraneniye pri pererabotke, – Odessa. 268.
19. Ivanova G.M. 1987. Teplotekhnicheskiye izmereniya i pribory: Uchebnik dlya vuzov, – M.: Energoatomizdat. 232.
20. Ginzburg A.S. 1990. Teplofizicheskiye kharakteristiki, – M.: Agropromizdat. 287.
21. Sergeyev O.A. 1976. O tochnosti absolutnykh izmereniy teplofizicheskikh kharakteristik veshchestv. Issledovaniya v oblasti teplovykh izmereniy, - L.: Energiya. 187.

**STUDY PARAMETERS AND OPERATING MODES CONVECTIVE GELIOSU-
HILKI FRUIT**

Summary. Examined the results of experimental studies of the process of drying fruit, in order to intensify the development of energy-efficient technologies that produce dry foods.

Key words: raw fruits, experimental research.

MODELING OF MOTION OF MATERIAL ON THE SURFACE OF SPIRAL ACTIVATOR IN BULK MATERIALS DRYER

¹Volodymyr Didukh, ²Ruslan Kirchuk, ²Andriy Yaschuk

¹Lviv National Agrarian University

²Lutsk National Technical University

Summary. The model of motion of a particle on the spiral surface of activator in the new design dryer for granular materials is submitted in the article taking into account the interaction of the particle with the material.

Key words: dryer, activator, bulk material, model, interaction, trajectory.

3 – spiral activators for loosening and agitation of material; 4 – loading section; 5 – unloading section

For grounding of the rational constructive and regime parameters of the spiral activators of the dryer it is necessary to study a motion of material on its surface.

INTRODUCTION

The construction of a dryer [1,7] with the cylindrical drying chamber (Fig.1) formed by outer cylindrical perforated wall and inner cylindrical perforated wall was suggested. Inner perforated wall is intended for supply of drying agent into the drying chamber. In the drying chamber spiral activators are mounted. The spiral activators intended for loosening and agitation of material during drying process.

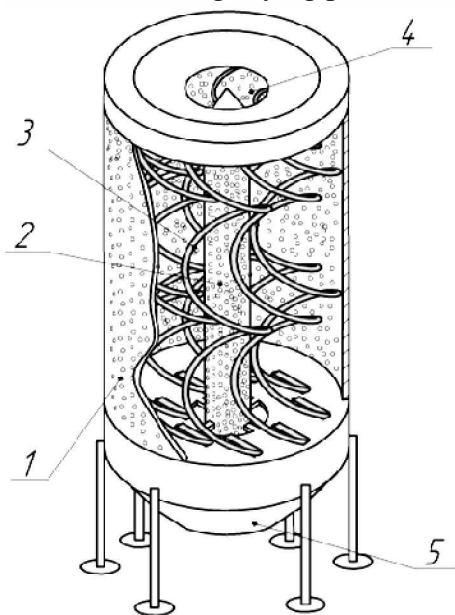


Fig.1. The drying chamber of the dryer:
1 – outer perforated wall of the drying chamber;
2 – inner perforated wall of the drying chamber for supplying of drying agent;

ANALYSIS OF INVESTIGATIONS

A drying process of bulk materials was studied by Kotov B. I. [8], Lykov [9], Zelenko [10] and other scientists [11,14].

The researches dedicated to motion of materials on surfaces of operating devices were carried out by Vasylenko P.M. [15], Zaika P.M. [16] and others [18, 19].

But the process of moving of a particle on the surface of activator in the dryer of a new construction, with taking into account the interaction of the particle with the material, requires additional researches.

OBJECTIVE OF THE RESEARCH

The purpose of the research is to create a mathematical model that describes the movement of particles on the rough spiral surface of activator for loosening and mixing of the material in the new design dryer. The model will allow the rational regime parameters of this operational device to be determined.

RESULTS OF THE RESEARCH

Consider the shape of the spiral activator which is used in our dryer. The active surface (the surface of interaction with material) of the activator of the suggested construction dryer can be considered as a volumetric geometric figure formed by a circle with a center $o' - o'' - o'''$, moving in space along cylindrical helix (fig.2).

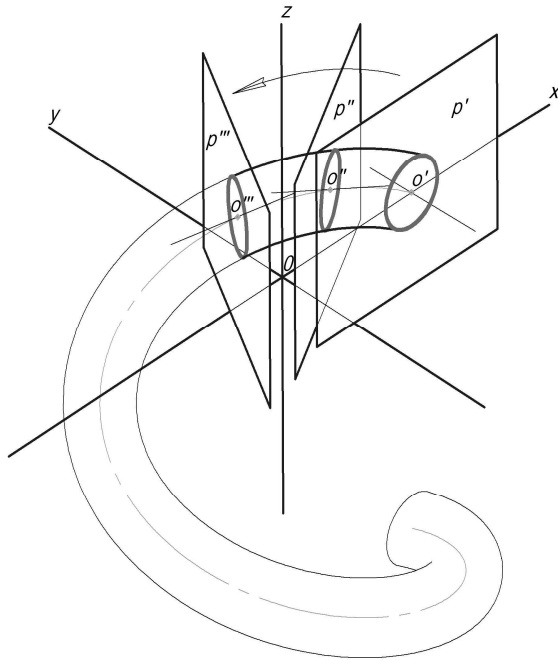


Fig.2. Forming of the surface of the activator by the circle with a center o

The equation, describing a shape of this surface (constraint equation), we can rationally introduce in the cylindrical coordinate system with radius r , angle α and coordinate z .

The equation of the spiral surface in the form $f = f(r, \alpha, z) = 0$ looks as follows:

$$z - \sqrt{r_{cn}^2 - (R_{cn} - r)^2} + \frac{\alpha \cdot k}{2 \cdot \pi} = 0, (1)$$

where: R_{cn} - the radius of the spiral, m,

r_{cn} - the radius of the formative circle (a thickness of the coil), m;

k - the pitch of the helix, m.

The relative motion of a particle on the rough surface projected on the cylindrical coordinate system we can describe with a system of differential equations [15]:

$$\left. \begin{aligned} m \cdot (\ddot{r} - r \cdot \dot{\alpha}^2) &= F_r + N \cdot \cos(\bar{e}_r, \bar{n}) - \\ &- \kappa \cdot |N| \cdot \frac{\dot{r}}{\sqrt{\dot{r}^2 + r^2 \cdot \dot{\alpha}^2 + \dot{\zeta}^2}} + (-m \cdot w_{er}) + (-m \cdot w_{kr}), \\ m \cdot (2 \cdot \dot{r} \cdot \dot{\alpha} + r \cdot \ddot{\alpha}) &= F_\alpha + N \cdot \cos(\bar{e}_\alpha, \bar{n}) - \\ &- \kappa \cdot |N| \cdot \frac{r \cdot \dot{\alpha}}{\sqrt{\dot{r}^2 + r^2 \cdot \dot{\alpha}^2 + \dot{\zeta}^2}} + (-m \cdot w_{e\alpha}) + (-m \cdot w_{k\alpha}), \\ m \cdot \ddot{\zeta} &= F_\zeta + N \cdot \cos(\bar{e}_\zeta, \bar{n}) - \\ &- \kappa \cdot |N| \cdot \frac{\dot{\zeta}}{\sqrt{\dot{r}^2 + r^2 \cdot \dot{\alpha}^2 + \dot{\zeta}^2}} + (-m \cdot w_{e\zeta}) + (-m \cdot w_{k\zeta}), \end{aligned} \right\} (2)$$

where:

m - the mass of the particle, kg;
 r, α and ζ - the coordinates of the relative motion of the particle, m;
 κ - coefficient of friction of rough surface;
 F_r, F_α and F_ζ - the projection of active forces on the axis of the moving coordinate system, N;

$\bar{e}_r, \bar{e}_\alpha$ and \bar{e}_ζ - unit vectors of the local coordinate basis, tangential to the coordinate lines r, α i ζ ;

\bar{n} - unit vector normal to the surface;

$w_{er}, w_{e\alpha}$ and $w_{e\zeta}$ - projections of acceleration of relative motion, m/s^2 ;

$w_{kr}, w_{k\alpha}$ and $w_{k\zeta}$ - projections of the Coriolis acceleration, m/s^2 .

The value of the direction cosines of normal reactions $\cos(\bar{e}_r, \bar{n})$, $\cos(\bar{e}_\alpha, \bar{n})$ and $\cos(\bar{e}_\zeta, \bar{n})$, in the system (2) [15]:

$$\cos(\bar{e}_r, \bar{n}) = \cos(\bar{e}_r, \bar{e}_\xi) \cdot \cos(\bar{e}_\xi, n) + \cos(\bar{e}_r, \bar{e}_\eta) \cdot \cos(\bar{e}_\eta, n) + \cos(\bar{e}_r, \bar{e}_\zeta) \cdot \cos(\bar{e}_\zeta, n), (3)$$

$$\cos(\bar{e}_\alpha, \bar{n}) = \cos(\bar{e}_\alpha, \bar{e}_\xi) \cdot \cos(\bar{e}_\xi, n) + \cos(\bar{e}_\alpha, \bar{e}_\eta) \cdot \cos(\bar{e}_\eta, n) + \cos(\bar{e}_\alpha, \bar{e}_\zeta) \cdot \cos(\bar{e}_\zeta, n), (4)$$

$$\cos(\bar{e}_\zeta, \bar{n}) = \cos(\bar{n}, \bar{\zeta}), (5)$$

where:

$$\left. \begin{aligned} \cos(\bar{e}_\xi, \bar{n}) &= \cos(\bar{\xi}, \bar{n}) = \frac{\partial f}{\partial \xi}, \\ \cos(\bar{e}_\eta, \bar{n}) &= \cos(\bar{\eta}, \bar{n}) = \frac{\partial f}{\partial \eta}, \\ \cos(\bar{e}_\zeta, \bar{n}) &= \cos(\bar{\zeta}, \bar{n}) = \frac{\partial f}{\partial \zeta}, \end{aligned} \right\} (6)$$

and:

$$\cos(\bar{e}_r, \bar{e}_\xi) = \frac{\xi}{r} = \cos(\alpha), (7)$$

$$\cos(\bar{e}_r, \bar{e}_\eta) = \frac{\eta}{r} = \sin(\alpha), (8)$$

$$\cos(\bar{e}_r, \bar{e}_\zeta) = 0, (9)$$

$$\cos(\bar{e}_\alpha, \bar{e}_\xi) = -\sin \alpha, (10)$$

$$\cos(\bar{e}_\alpha, \bar{e}_\eta) = \cos \alpha, (11)$$

$$\cos(\bar{e}_\alpha, \bar{e}_\zeta) = 0. (12)$$

In (6) $\Delta f = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial z}\right)^2}$, is the

modulus of the gradient.

After substitution (6-12) in (3-5), taking into account following equations, describing relations between Cartesian and Cylindrical coordinates:

$$\left. \begin{aligned} \xi &= r \cdot \cos(\alpha), \\ \eta &= r \cdot \sin(\alpha), \\ \zeta &= \zeta, \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

we obtain:

$$\cos(\bar{e}_r, \bar{n}) = \frac{4 \cdot \pi \cdot r \cdot (R_{cn} - r)}{\sqrt{r_{cn}^2 - (R_{cn} - r)^2} \cdot \sqrt{k^2 + \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot r^2 \cdot r_{cn}^2}{r_{cn}^2 - (R_{cn} - r)^2}}}, \quad (14)$$

$$\cos(\bar{e}_\alpha, \bar{n}) = \frac{2 \cdot k}{\sqrt{k^2 + \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot r^2 \cdot r_{cn}^2}{r_{cn}^2 - (R_{cn} - r)^2}}}, \quad (15)$$

$$\cos(\bar{e}_\zeta, \bar{n}) = \frac{4 \cdot \pi \cdot r}{\sqrt{k^2 + \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot r^2 \cdot r_{cn}^2}{r_{cn}^2 - (R_{cn} - r)^2}}}, \quad (16)$$

The acceleration of translational motion w_e , assuming that the beginning of stationary and moving coordinate systems lie at the one point, $z = \zeta$ and rotation of the moving coordinate system around the axis z is with a constant angular velocity:

$$w_e = r \cdot \omega_e^2, \quad (17)$$

where: ω_e - angular velocity of rotation of the operating device, rad/s.

Projected on the tangent to the coordinate lines:

$$\left. \begin{aligned} w_{er} &= r \cdot \omega_e^2, \\ w_{e\alpha} &= 0, \\ w_{e\zeta} &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

Coriolis acceleration:

$$\left. \begin{aligned} w_{kr} &= -2 \cdot \omega_e \cdot r \cdot \dot{\alpha}, \\ w_{k\alpha} &= 2 \cdot \omega_e \cdot \dot{r}, \\ w_{k\zeta} &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

Consider the projection of the active forces F_r , F_α and F_ζ on axes r , α and ζ , which influence on the particle.

The force of gravity $m \cdot g$ is applied to the particle with mass m that directed in the

opposite direction to the coordinate axis ζ :

$$F_{\text{тяж.}} = -m \cdot g. \quad (20)$$

A particle in the bulk material environment constantly interacts with other particles of the material. It causes the nature of the movement of the particle. So we can't consider the motion of the particle without taking into account its interaction with other particles.

Mixing of bulk material is a highly complex process. The nature of the movement of particles in the bulk material environment depends on many factors, including material properties, design and operational parameters of the operating devices of machines and is difficult to describe. The theory, associated with mixing of loose environment is quite weak and is mainly based on empirical and experimental dependences of coefficients, established for individual materials in their interaction with specific operating devices.

Aiming to study the impact of the design and the operational parameters of the operating device on the intensity of loosening and mixing of material by means of determination the influence of these parameters on the nature of the trajectory of the particles, we considering the interaction of particles with the bulk material with some approximation and with the following assumptions:

- at any time the particle in the bulk material contacts simultaneously with n other particles of the material. Number of particles n is inconsistent over time and varies in a certain range. A minimum and maximum number of particles depend on the shape of the particles, their orientation in space, bulk density of the material and other factors;

- the forces, applied to the particle, as a result of its interaction with other particles of the material are considered as the resultant force which is equal to the vector sum of these forces. The quantity and the direction of the force are considered as random variable that varies in time in certain intervals;

- the vector of the resultant force of interaction with the material lies on a plane, tangent to the spiral surface, at the point of its contact with the underlying particle. We consider only the tangent component of the force, projected on the tangent plane to the surface at the point of contact with the particle.

Perpendicular to the plane component of the force is balanced by the normal reaction N ;

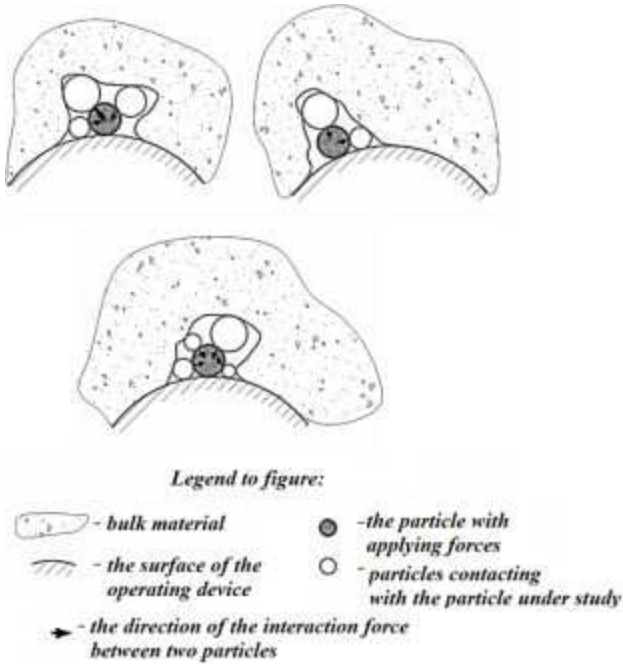


Fig.3. Schematic representation of the possible interactions of material particles on the surface of operating device

- the value of the resultant force varies from 0 to some maximum value that depends on the properties of the material, conditions and regimes of operation of the dryer.

The accuracy of the model will be determined by correctness of applied maximum resultant force and the nature of variability of its value and direction according to the actual conditions.

The interaction force:

$$\bar{F}_{63.}^r = \bar{F}_{63.}^t + \bar{F}_{63.}^n. \quad (21)$$

Taking into account the aspect that the normal component of the resultant force $\bar{F}_{63.}^n$ is balanced by the normal reaction of the surface N , it is sufficient to specify the tangential component projection of the force $\bar{F}_{63.}^t$ on the axes r , α and ζ without consideration of its normal component.

$\bar{F}_{63.}^t$ lies in the plane T , tangent to the curved surface at the point of contact with the particle (fig.4).

Consider the tangential component of the force of particle interaction with the material $\bar{F}_{63.}^t$, which lies in the plane T .

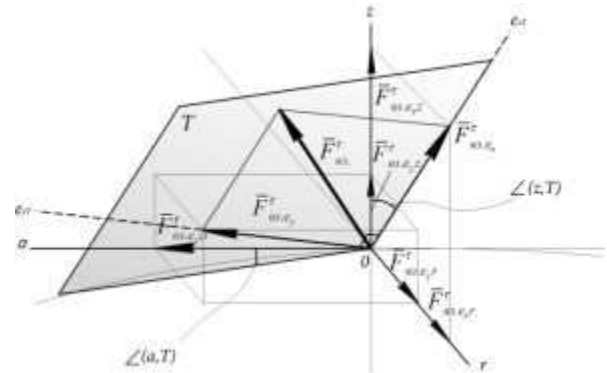


Fig.4. The tangential component of the particle interaction force on the surface of the operating device and its projection on cylindrical coordinates r , α and ζ

To set the direction of this force, we apply a local rectangular coordinate basis on the plane T with axes unit vectors $\bar{e}_{x'\tau}$, $\bar{e}_{y'\tau}$ and the point of reference O which is a point of contact of the particle with the surface. Place one of the unit vectors $\bar{e}_{x'\tau}$ in the tangent to axes r, z surface, so:

$$\bar{F}_{63.}^t = \bar{F}_{63.x'}^t + \bar{F}_{63.y'}^t, \quad (22)$$

$$|\bar{F}_{63.}^t| = \sqrt{|\bar{F}_{63.x'}^t|^2 + |\bar{F}_{63.y'}^t|^2}. \quad (23)$$

Tangential component of the force of interaction $\bar{F}_{63.}^t$ and its projections on coordinates with the unit vectors $\bar{e}_{x'\tau}$ and $\bar{e}_{y'\tau}$ we define in the following order:

$$|\bar{F}_{63.}^t| = rand\left[0, |\bar{F}_{63.max}^t|\right], \quad (24)$$

$$\pm \bar{F}_{63.x'}^t = rand\left[0, |\bar{F}_{63.}^t|\right], \quad (25)$$

$$\pm \bar{F}_{63.y'}^t = \sqrt{|\bar{F}_{63.}^t|^2 - |\bar{F}_{63.x'}^t|^2}, \quad (26)$$

where: $rand[a, b]$ – simulated random value of the particle-material interaction force. It is generated with a certain periodicity in the range of numbers from the minimum a to the maximum b .

The sign « \pm » means that the forces can be applied in the forward and in the opposite direction relatively to the coordinate unit vectors $\bar{e}_{x'\tau}$

and $\bar{e}_{y'\tau}$ of the local coordinate basis on the tangent plane.

The projections $\bar{F}_{63.x'}^\tau$ and $\bar{F}_{63.y'}^\tau$ of tangential component of the force $\bar{F}_{63.}^\tau$ on the tangent to the coordinate lines r , α and ζ of cylindrical coordinate system:

$$\left. \begin{aligned} \bar{F}_{63.r}^\tau &= \bar{F}_{63.x'r}^\tau + \bar{F}_{63.y'r}^\tau = \\ &= \bar{F}_{63.x'}^\tau \cdot \cos(\bar{e}_{x'\tau}, \bar{e}_r) + \bar{F}_{63.y'}^\tau \cdot \cos(\bar{e}_r, \bar{e}_{y'\tau}), \\ \bar{F}_{63.\alpha}^\tau &= \bar{F}_{63.x'\alpha}^\tau + \bar{F}_{63.y'\alpha}^\tau = \\ &= \bar{F}_{63.x'}^\tau \cdot \cos(\bar{e}_\alpha, \bar{e}_{x'\tau}) + \bar{F}_{63.y'}^\tau \cdot \cos(\bar{e}_\alpha, \bar{e}_{y'\tau}), \\ \bar{F}_{63.\zeta}^\tau &= \bar{F}_{63.x'\zeta}^\tau + \bar{F}_{63.y'\zeta}^\tau = \\ &= \bar{F}_{63.x'}^\tau \cdot \cos(\bar{e}_{x'\tau}, \bar{e}_\zeta) + \bar{F}_{63.y'}^\tau \cdot \cos(\bar{e}_{y'\tau}, \bar{e}_\zeta). \end{aligned} \right\} (27)$$

For projecting of the components $\bar{F}_{63.e_{x\tau}}^\tau$ and $\bar{F}_{63.e_{y\tau}}^\tau$ of the force on tangents to the coordinate lines r , α and ζ it is necessary to determine the values of the angles $\angle(\bar{e}_r, \bar{e}_{x'\tau})$, $\angle(\bar{e}_r, \bar{e}_{y'\tau})$, $\angle(\bar{e}_\alpha, \bar{e}_{x'\tau})$, $\angle(\bar{e}_\alpha, \bar{e}_{y'\tau})$, $\angle(\bar{e}_\zeta, \bar{e}_{x'\tau})$ and $\angle(\bar{e}_\zeta, \bar{e}_{y'\tau})$.

$\angle(\bar{e}_\alpha, \bar{e}_{x'\tau}) = 0$ - considering that the component of the resultant force $\bar{F}_{63.x'}^\tau$ lies in the plane $r\zeta$.

Determine the values of angles $\angle(r, \bar{e}_{x'\tau})$ and $\angle(\bar{e}_\zeta, \bar{e}_{x'\tau})$. Consider the equation of the surface (1) with a fixed value α (fig.5). Then function takes the form $\zeta = f(r)$ and describes a circle on the plane $r\zeta$ formed by intersection of spiral volumetric surface (1) by this surface.

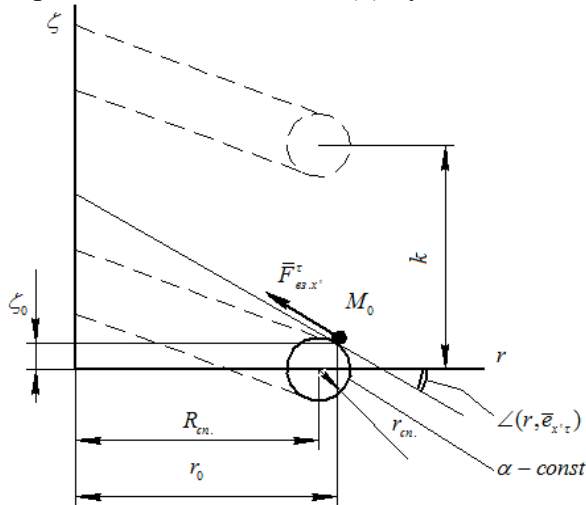


Fig.5. The determination of the angles $\angle(\bar{e}_r, \bar{e}_{x'\tau})$ and $\angle(\bar{e}_\zeta, \bar{e}_{x'\tau})$

The value of the angle for our function $\zeta = f(r)$ can be found by the formula [20]:

$$\operatorname{tg}(\bar{e}_r, \bar{e}_{x'\tau}) = \frac{df}{dr}. \quad (28)$$

Then:

$$\begin{aligned} \angle(\bar{e}_r, \bar{e}_{x'\tau}) &= 90^\circ - \angle(\zeta, \bar{e}_{x'\tau}) = \\ &= \operatorname{arctg} \left(\frac{R_{cn} - r}{\sqrt{r_{cn}^2 - (R_{cn} - r)^2}} \right). \end{aligned} \quad (29)$$

The values of the angles $\angle(\bar{e}_r, \bar{e}_{y'\tau})$, $\angle(\bar{e}_\alpha, \bar{e}_{y'\tau})$ and $\angle(\bar{e}_\zeta, \bar{e}_{y'\tau})$ we can find by the known cosines of the angles $\cos(\bar{e}_r, \bar{n})$, $\cos(\bar{e}_\alpha, \bar{n})$ and $\cos(\bar{e}_\zeta, \bar{n})$, (21-23) between the normal to the surface and the tangent to the coordinate lines r , α and ζ (fig.6):

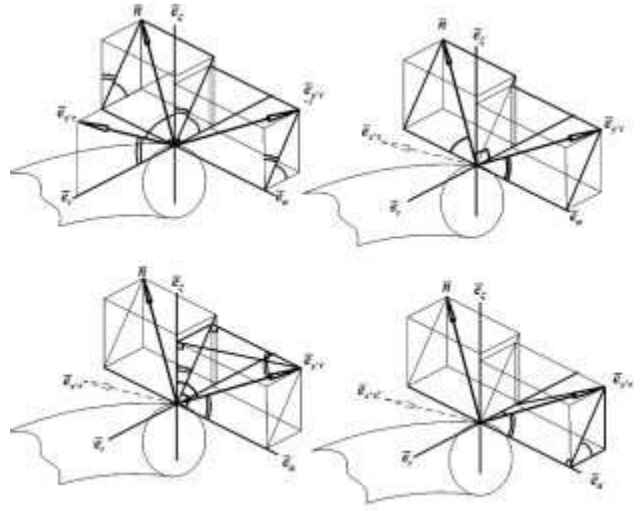


Fig.6. The determination of the angles $\angle(\bar{e}_r, \bar{e}_{y'\tau})$, $\angle(\bar{e}_\alpha, \bar{e}_{y'\tau})$ i $\angle(\bar{e}_\zeta, \bar{e}_{y'\tau})$

$$\angle(\bar{e}_\alpha, \bar{e}_{y'\tau}) = 90^\circ - \angle(\bar{e}_\alpha, \bar{n}), \quad (30)$$

$$\cos(\bar{e}_\zeta, \bar{e}_{y'\tau}) = \cos(\bar{e}_\alpha, \bar{n}) \cdot \cos(\bar{e}_\zeta, \bar{e}_{x'\tau}), \quad (31)$$

and:

$$\cos(\bar{e}_r, \bar{e}_{y'\tau}) = \cos(\bar{e}_\alpha, \bar{n}) \cdot \cos(\bar{e}_{x'\tau}, \bar{e}_\zeta). \quad (32)$$

Result projections of forces on tangential to coordinate lines:

$$\left. \begin{aligned} F_r &= \bar{F}_{r.63.}^\tau \\ F_\alpha &= \bar{F}_{\alpha.63.}^\tau \\ F_\zeta &= -m \cdot g + \bar{F}_{\zeta.63.}^\tau \end{aligned} \right\} (33)$$

Substituting (14-20) into (2) and attaching equation (1) we obtain the system:

$$\begin{aligned}
 & m \cdot (\ddot{r} - r \cdot \dot{\alpha}^2) = \bar{F}_{r, \text{вс.}}^r - \\
 & -N \cdot \frac{4 \cdot \pi \cdot r \cdot (R_{\text{сн}} - r)}{\sqrt{r_{\text{сн}}^2 - (R_{\text{сн}} - r)^2} \cdot \sqrt{k^2 + \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot r^2 \cdot r_{\text{сн}}^2}{r_{\text{сн}}^2 - (R_{\text{сн}} - r)^2}} - \\
 & -\kappa \cdot |N| \cdot \frac{\dot{r}}{\sqrt{\dot{r}^2 + r^2 \cdot \dot{\alpha}^2 + \dot{\zeta}^2}} - \\
 & -m \cdot (r \cdot \omega_e^2 - 2 \cdot \omega_e \cdot r \cdot \dot{\alpha}), \\
 & m \cdot (2 \cdot \dot{r} \cdot \dot{\alpha} + r \cdot \ddot{\alpha}) = \bar{F}_{\alpha, \text{вс.}}^r + \\
 & +N \cdot \frac{2 \cdot k}{\sqrt{k^2 + \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot r^2 \cdot r_{\text{сн}}^2}{r_{\text{сн}}^2 - (R_{\text{сн}} - r)^2}} - \\
 & -\kappa \cdot |N| \cdot \frac{r \cdot \dot{\alpha}}{\sqrt{\dot{r}^2 + r^2 \cdot \dot{\alpha}^2 + \dot{\zeta}^2}} - m \cdot 2 \cdot \omega_e \cdot \dot{r}, \\
 & m \cdot \ddot{\zeta} = -m \cdot g + \bar{F}_{z, \text{вс.}}^r + \\
 & +N \cdot \frac{4 \cdot \pi \cdot r}{\sqrt{k^2 + \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot r^2 \cdot r_{\text{сн}}^2}{r_{\text{сн}}^2 - (R_{\text{сн}} - r)^2}} - \\
 & -\kappa \cdot |N| \cdot \frac{\dot{\zeta}}{\sqrt{\dot{r}^2 + r^2 \cdot \dot{\alpha}^2 + \dot{\zeta}^2}}, \\
 & \zeta - \sqrt{r_{\text{сн}}^2 - (R_{\text{сн}} - r)^2} + \frac{\alpha \cdot k}{2 \cdot \pi} = 0.
 \end{aligned}$$

(34)

The system (34) consists of four equations containing three unknown coordinates, its first and second time derivatives, and the unknown normal reaction N. Taking into account (24-33), in the case of interaction of particles with the material, it can be solved using numerical methods.

CONCLUSIONS

The mathematical model, describing the motion of a particle on the rough surface of spiral activator of the considered dryer, is submitted. The model takes into account the interaction of a particle with surrounding bulk material. The obtained model allows the impact of various factors on the motion of the particles of bulk material to be analyzed and the rational regime and structural parameters of spiral activator, designed for loosening and mixing of material during drying, to be determined.

REFERENCES

1. Pat. № 69227 Ukraina, MPK (2006) F26 B17/12, F26 B17/18. Susharka dlja sipkih materialiv / Yaschuk A.A., Kirchuk R.V., Diduh V.F. zajavnik i vlasnik patentu Luc'kij nacional'nij tehnicnij universitet.; zajavl. 26.09.2011.; opubl. 25.04.2012, bjul. № 8
2. Yaschuk A.A., Kirchuk R.V. 2012. Obruntuvannja parametriv spiralepodibnih robochih organiv susharki dlja nasinnja l'onu olijnogo // Zbirnik naukovih prac' Vinnic'kogo nacional'nogo agrarnogo universitetu [Tekst] : serija: Tehnicni nauki. – Vinnicja : Vidavnicij centr VNAU, – Vip. 10 T.2. (59). 96 – 101.
3. Yaschuk A.A., Kirchuk R.V., Golij O.V.2011. Doslidzhennja procesu sushinnja nasinnja l'onu olijnogo z rozrobkoju konstrukcii susharki // Visnik harkivs'kogo nacional'nogo tehnicnogo universitetu sil'skogo gospodarstva im. Petra Vasilenka. Tehnicni nauki «Mehanizacija sil'skogospodars'kogo virobnictva». — T.1. № 107. 250-258.
4. Yaschuk A.A., Kirchuk R.V., Golij O.V. 2011 Rozrahunok produk-tivnosti ta obgtuntuvannja energozatrat susharki dlja sipkih materialiv zi spiralepodibnimi robochimi organami // Sil'skogospodars'ki mashini. Zb. Nauk. st. – T.II, Vip. 21 – Lutsk: Red.-vyd. viddil LNTU. 272 – 278.
5. Yaschuk A.A., Kirchuk R.V. 2011. Doslidzhennja kinetiki sushinnja nasinnja l'onu olijnogo z rozrobkoju konstrukcii susharki // Konstrujuvannja, virobnictvo ta ekspluatacija sil'skogospodars'kih mashin. Zagal'noderzhavnyy mizhvidomchyy naukovo-tehnicnyy zbirnyk –Kirovograd, – T1, Vip. 41. 309 – 314.
6. Yaschuk A.A., Kirchuk R.V. 2012. Obruntuvannja pere-mishuvannja materialu v procesi sushinnja nasinnja l'onu olijnogo // Naukovi notatki: Mizhvuzivskiy zb. (za galuziyami znan' «Mashinobuduvannja ta metalobrobka», «Inzhenerna mehanika», «Metalurgiya ta materialoznavstvo») – Lutsk : RVV LNTU, – Vip. 39. 239 - 246.
7. Yashcuk A.A., Kirchuk R.V. 2012. Doslidzhennja sushinnja vorohu nasinnja l'onu olijnogo z peremishuvannjam sharu materialu // Sil'skogospodars'ki mashiny. Zb. Nauk. st. – Vip. 23 – Lutsk: Red.-vyd. viddil LNTU. 185 – 190.
8. Kotov B.I. 1994. Tehnologicheskie i teploenergeticheskie osnovy povyshenija

- effektivnosti sushki rastitel'nogo syr'ja: Dis. ... d-ra tehn. nauk: 05.20.01 / UAAN, In-t mehanizacii i elektrifikacii s.h. - Glevaha, – 440.
9. Lykov A.V. 1968. Teorija sushki – M. : «Energiya». 472.
10. Zelenko V.I. 1998. Konvektivnaya sushka sel'skohozjajstvennyh materialov v plotnom sloe: Osnovy teorii – Tver': Obl. kn.-zhurn. izd-vo, – 96.
11. Didukh V., Kirchuk R., Dudarev I., Golovachuk I. 2006. Investigation on effect of porosity and involution of roll on drying speed. TEKA. Commission of motorization and power industry in agriculture. Volume 6A, Lublin, 39-44.
12. Didukh V., Kirchuk R. 2002. Investigation of vibrating temperature process efficiency when drying agricultural materials. / MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 2. 46-51.
13. Kirchuk R., Didukh V., Plizga K. 2005. Investigation of roll drying efficiency // Commission of motorization and power industry in agricultural – Volume VI. Polish academy of sciences. Lublin . 34-40.
14. Diduh V.F. 2002. Pidvishhennja effektivnosti sushinnja sil'skogospodars'kih materialiv: Monografija. – Lutsk: LDTU, 165.
15. Vasilenko P.M. 1980. Metodika postroenija raschentyx modelej fynkcionipovanija mexanicheskikh sistem (mashin i mashinnyh agepatov). Uchebnoe posobie – K: KISM, 138.
16. Zaika P.M. 1992. Izbrannye zadachi zemledel'cheskoj mehaniki: Prakt posobie. – Kiev: Izd-vo. USHA, 512.
17. Panasuk S. 2004. Matematicheskoe modelirovanie peremeshhenija pochatkov po cilindricheskoj poverhnosti. / MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 6. 203-209.
18. Bulgakov V., Holovach I., Berezovyy M., Nowak J. 2006. The plane interaction theory of the cleaning vane with heah of a root crop. TEKA. Commission of motorization and power industry in agriculture. Vol. 6A, Lublin, 5-23.
19. Bulgakov V., Holovach I., Woytjuk D., Plizga K. 2004. A theory of plane interaction of purifying blade with the head of root-crops. / MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 4. 15-31.
20. Fihngolts G.M. 1962. Kurs differencial'nogo i integral'nogo ischislenija: V 3-h t. (T.I). – M. : Nauka, 616.

ОЦЕНКА ЦЕННОСТЕЙ СЕРВИСНЫХ ПРОГРАММ АГРАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Александр Сидорчук, Анатолий Тригуба, Александр Маланчук

Львовский национальный аграрный университет

г. Дубляны, ул. Владимира Великого 1

Olexandr Sydorчук, Anatolij Tryhuba, Olexandr Malanchuk

Lviv National Agrarian University

Аннотация. Проведен анализ существующих научно-методических основ управления оцениванием программ и обоснована необходимость разработки методики оценки ценности сервисных программ аграрного производства. Представлены особенности формирования ценности в программах аграрного производства. Разработана методика оценки ценности сервисных программ аграрного производства.

Ключевые слова: ценность, сервисная программа, аграрное производство, управление.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В настоящее время аграрное производство Украины находится в упадке. Большинство сельскохозяйственных предприятий являются убыточными, а их материально-техническое обеспечение – неудовлетворительным. Наблюдается снижение объемов производства сельскохозяйственной продукции, что угрожает продовольственной безопасности страны. Это состояние обусловлено рядом факторов, из которых достаточно важным есть обслуживание основного производства [8, 12, 13]. Система сервисного обслуживания сельскохозяйственного производства в Украине функционирует неэффективно. Это связано с тем, что большинство сервисных предприятий являются частными. Частные предприятия для увеличения доходов специализируются на выполнении сложных работ (заготовка сельскохозяйственной продукции, сбор сельскохозяйственных культур, ремонт тракторов, комбайнов и т.п.). При этом, остается без внимания менее сложные работы, такие как снабжение ресурсами, ремонт сельскохозяйственных машины (плуги, культиваторы, бороны, лущильники т.д.). Кроме того, большинство сельскохозяйственных предприятий (СХП) имеет неудовлетворительное финансовое

состояние, что обуславливает поиск путей уменьшения расходов на обслуживание основного производства. Для решения существующей проблемы по сервисному обслуживанию сельскохозяйственного производства следует реализовывать ряд программ. Это предопределяет разработку механизмов согласования интересов участников производственных и сервисных программ реализуемых в системе для создания ценностей. Инструментарий системного согласования интересов участников производственных и сервисных программ должен базироваться на системно-ценностных принципах, которые еще не разработано. Ценность от реализации сервисных программ аграрного производства (СПАП) в значительной степени зависит от меняющихся составляющих проектной среды. Для оценки ценностей СПАП следует иметь соответствующие научно-методические основы, которые будут учитывать условия их реализации.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Вопросам управления оценкой ценностей программ в различных отраслях национальной экономики уделяется достаточно много внимания [1-7, 4, 15, 17]. Кроме того, существуют как отечественные [14], так и международные [9-11] стандарты, в которых приводятся общие положения управления оценкой ценностей программ. В частности, в международном стандарте Р2М, указано, что управление оценкой ценностей программ включает: проектирование базовой структуры ценностей; определение индикатор и показателей для каждой составляющей ценности; регулярную оценку проектов и программы; подготовку отчетов и рекомендаций при принятии важных решений и осуществления деятельности; отчетность перед заинтересованными сторонами; экспертизу фак-

тических показателей и их систематизацию с целью усовершенствования и формирования базы знаний [10]. Однако, в этом документе приводятся общие подходы к оценке ценности программ. Эти подходы не дают возможности в полной мере оценивать ценности от реализации СПАП, так как они имеют свои уникальные особенности как в процессе формирования, так и распределения между участниками программы. Особенности формирования ценностей от реализации программ возможно исследовать на основании их моделирования [16, 18, 19]. Следовательно, существует потребность в разработке научно-методических основ оценки ценности от реализации СПАП.

ЦЕЛЬ СТАТЬИ

Раскрыть особенности оценки ценностей сервисных программ аграрного производства.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Все программы, которые реализуются в аграрном производстве, можно разделить на производственные и сервисные. Производственные программы обеспечивают формирование конечного продукта деятельности СХП – сельскохозяйственной продукции, а сервисные программы непосредственного участия в формировании этого продукта не берут, но являются вспомогательными по отношению к производственным и обеспечивают их успешное выполнение.

К производственным относятся программы: производства, заготовки, переработка сельскохозяйственной продукции и реализации продуктов питания. К сервисным программам относятся те, которые касаются обслуживания производственных программ. Продуктами сервисных программ являются предоставленные услуги по обслуживанию производственных программ. При реализации как производственных, так и СПАП создаются ценности для их участников и общества.

Ценность – выгоды от продукта программы для заинтересованных сторон и общества при условии выполнения требований, указанных в миссии этой программы [10].

Поэтому можно сказать, что для получения ценностей от реализации программ аграрного производства следует удовлетворить участников и общество полученным продуктом, т.е. получить выгоды от него и выполнить их согласно заданной миссии. Заинтересованными сторонами программ аграрного производства является государство, бизнес и граждане. Для оценки ценностей от реализации СПАП предлагается использовать критерий – эффективность. Прежде всего, обозначим понятие эффективности программы. Под эффективностью СПАП понимается отношение полученных выгод от этой программы к затраченным ресурсам на ее реализацию [10]:

$$E = \frac{V}{B}, \quad (1)$$

где: V – выгоды от программы, грн.; B – стоимость затраченных ресурсов на реализацию программы, грн.

Стоимость затраченных ресурсов определяется по выражению:

$$B = B_g^1 + B_c^2 + B_n^3 + B_y^4, \quad (4)$$

где: B_g^1 – затраты СХП на выполнение сервисных работ, грн.; B_c^2 – расходы сервисных предприятий на предоставление сервисных услуг, грн.; B_n^3 – расходы на реализацию СПАП, грн.; B_y^4 – расходы на управление СПАП, грн.

Расходы СХП на выполнение сервисных работ определяются по выражению:

$$B_g^1 = B_o^1 + B_n^1, \quad (5)$$

где: B_o^1 – затраты на выполнение сервисных работ, грн.; B_n^1 – стоимость потерь продукции из-за несвоевременного выполнения сервисных работ, грн.

Учитывая, что эффективность СПАП формируется в нескольких системах, то в соответствии она имеет несколько составляющих, которые связаны между собой (рис.). Взаимовлияние составляющих эффективности от реализации СПАП можно отобразить следующими выражениями:

$$\begin{aligned} E_{nv} &\leftrightarrow E_{nd}; E_{nd} \leftrightarrow E_{nn}, \\ E_{nd} &\leftrightarrow E_{ny}; E_{nn} \leftrightarrow E_{ny}. \end{aligned} \quad (2)$$

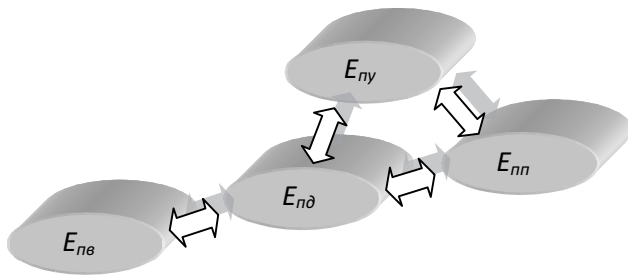


Рис. Схема формирования эффективности от у СПАП: E_{nv} , E_{nd} , E_{nn} , E_{ny} – соответственно эффективность от СПАП для СХП, сервисных предприятий, общества и программных менеджеров

Fig. Scheme of formation of the effectiveness of sleeping: E_{nv} , E_{nd} , E_{nn} , E_{ny} – according to efficiency slept for SHP, service businesses, society and program managers

При планировании и реализации СПАП следует обеспечить выполнение условия:

$$E = E_{nv} + E_{nd} + E_{nn} + E_{ny} \rightarrow \max. \quad (3)$$

Для оценки эффективности от реализации СПАП следует определить выгоды. Для этого прежде всего определяются технико-технологические показатели выполнения сервисных работ, которые являются основой для определения стоимостных показателей. На основании стоимостных показателей исполняется расчет оценки выгод от реализации СПАП.

Перечень технико-технологических и стоимостных показателей для каждой из составляющей СПАП, в которых формируется ее эффективность, представлены в табл.

Эффективность СПАП формируется в четырех системах: 1) управления СПАП; 2) СПАП; 3) продукт СПАП; 4) предметная область. В каждой из этих систем получают отдельные выгоды от реализации СПАП и расходуются ресурсы. Учитывая выше сказанное, выгоды от СПАП можно определить по выражению:

$$V = V_{po}^1 + V_m^2 + V_n^3 + V_y^4, \quad (2)$$

где: V_{po}^1 – выгоды для СХП, грн.; V_m^2 – выгоды для заказчика СПАП, грн.; V_n^3 – выгоды для инвестора, исполнителей и органов власти от уменьшения расходов на реализацию СПАП, грн.; V_y^4 – выгоды для программных менеджеров от уменьшения расходов на

управление СПАП, грн.

Выгоды для СХП от сервисных программ определяются по выражению:

$$V_{po}^1 = V_p^1 + V_n^1 + V_H^1, \quad (3)$$

где: V_p^1 – выгоды от уменьшения расходов на выполнение отдельных видов работ, грн.; V_n^1 – выгоды от уменьшения затрат ресурсов, грн.; V_H^1 – выгоды от уменьшения потерь продукции из-за несвоевременного выполнения сервисных работ, грн.

Уменьшение затрат ресурсов (V_n^1) определяется из выражения :

$$V_n^1 = B_{nn}^1 - B_{nv}^1, \quad (4)$$

где: B_{nn}^1, B_{nv}^1 – соответственно сверх нормированные расходы ресурсов без предоставления сервисных услуг сервисными предприятиями и с их предоставлением, грн.

Уменьшение потерь продукции из-за несвоевременного выполнения сервисных работ (V_H^1) определяется из выражения:

$$V_H^1 = B_{nn}^1 - B_{nv}^1, \quad (5)$$

где: B_{nn}^1, B_{nv}^1 – соответственно потери продукции без предоставления сервисных услуг сторонними предприятиями и с их предоставлением, грн.

Уменьшение затрат на оказание сервисных услуг (V_m^2) определяется из выражения:

$$V_m^2 = B_{mn}^2 - B_{mp}^2, \quad (6)$$

где: B_{mn}^2, B_{mp}^2 – соответственно затраты на предоставление сервисных услуг при рациональной и нерациональной архитектуре СПАП, грн. Уменьшение расходов на реализацию СПАП (V_n^3) определяется из выражения:

$$V_n^3 = B_{nn}^3 - B_{np}^3, \quad (7)$$

где: B_{nn}^3, B_{np}^3 – соответственно плановые и реальные расходы на реализацию СПАП, грн.

Таблица. Технико-технологические и стоимостные показатели эффективности СПАП
Table. Technical-technological efficiency cost parameters SPAP

Система	Ресурсы		Выгоды	
	Технико-технологические показатели, грн.	Стоимостные показатели, грн.	Стоимостные показатели, грн.	Получатель
Предметная область	Объем выполненных сервисных работ, ед; трудоемкость сервисных работ, чел.-ч; расстояние от сервисного предприятия в СХП, км.	Затраты на выполнение сервисных работ	Уменьшение расходов выполнение сервисных работ	СХП
	Удельный расход ресурсов на выполнение сервисных работ, ед/га; доля затрат ресурсов на выполнение работ из-за отсутствия сервисных услуг, %.	Понаднормированные затраты ресурсов	Уменьшение затрат ресурсов	
	Рыночная стоимость с.-х. продукции, грн./ц, доля потерь с.-х. продукции из-за несвоевременного выполнения сервисных работ, %; объем несвоевременно выполненных сервисных работ, га.	Потери продукции из-за несвоевременного предоставления сервисных услуг	Уменьшение потерь продукции из-за несвоевременно предоставления сервисных услуг	
Продукт СПАП	Количество предоставленных услуг, ед.; количество привлеченной техники и оборудования для оказания сервисных услуг, ед; трудоемкость сервисных услуг, чел.-ч.; объем израсходованных <i>i</i> -х ресурсов, ед.	Расходы на сервисные услуги	Уменьшение расходов на сервисные услуги	Заказчик СПАП
СПАП	Количество единиц привлеченной <i>j</i> -й марки техники и оборудования, ед; объем израсходованных <i>i</i> -х видов материалов, ед; трудоемкость выполненных <i>s</i> -х видов работ, чел.-ч.	Расходы на реализацию СПАП	Уменьшение затрат на реализацию СПАП	Инвестор, исполнители, органы власти
Управления СПАП	Количество единиц привлеченной <i>j</i> -й марки техники и оборудования, ед; объем израсходованных <i>i</i> -х видов материалов, ед; трудоемкость <i>i</i> -х видов управленческих работ, чел.-ч.	Расходы на управление СПАП	Уменьшение затрат на управление СПАП	Программные менеджеры

Расходы на реализацию СПАП (B_n^3) определяются из выражения:

$$B_n^3 = \sum_{j=1}^m \left(N_{nj}^3 \cdot C_{nj}^3 \cdot a_{nj}^3 \right) + \sum_{i=1}^k \left(Q_{mi}^3 \cdot C_{mi}^3 \right) + \sum_{s=1}^n \left(T_{6s}^3 \cdot C_{6s}^3 \right) \quad (8)$$

где: N_{nj}^3 – количество единиц привлеченной марки техники и оборудования для выполнения работ в СПАП, ед; C_{nj}^3 – стоимость *j*-й марки техники и оборудования, грн.; a_{nj}^3 – коэффициент амортизационных отчислений для *j*-й марки техники и оборудования; Q_{mi}^3 – объем затраченных *i*-х видов материала

лов для реализации СПАП, ед; C_{Mi}^3 – стоимость i -х видов материалов, грн.; T_{GS}^3 – трудоемкость выполнения i -х видов работ в СПАП, чел-ч.; C_{GS}^3 – удельная стоимость оплаты труда исполнителей s -х видов работ в СПАП, грн./чел-ч.

Уменьшение затрат на управление СПАП (V_y^4) определяется из выражения:

$$V_y^4 = B_{yn}^4 - B_{yp}^4, \quad (9)$$

где: B_{yn}^4, B_{yp}^4 – соответственно плановые и реальные расходы на управление СПАП, грн.

Расходы на управление СПАП (B_y^4) определяются из выражения:

$$B_y^4 = \sum_{j=1}^m \left(N_{nj}^4 \cdot C_{nj}^4 \cdot a_{nj}^4 \right) + \sum_{i=1}^k \left(Q_{Mi}^4 \cdot C_{Mi}^4 \right) + \sum_{s=1}^n \left(T_{GS}^4 \cdot C_{GS}^4 \right), \quad (10)$$

где: N_{nj}^4 – количество единиц привлеченной j -й марки техники и оборудования для выполнения управленческих работ в СПАП, од; C_{nj}^4 – стоимость j -й марки техники и оборудования, грн.; a_{nj}^4 – коэффициент амортизационных отчислений для j -й марки техники и оборудования; Q_{Mi}^4 – объем израсходованных i -х видов материалов для управления СПАП, ед; C_{Mi}^4 – стоимость i -х видов материалов, грн.; T_{GS}^4 – трудоемкость выполнения s -х видов управленческих работ, чел-ч.; C_{GS}^4 – удельная стоимость оплаты труда исполнителей s -х видов управленческих работ, грн./чел-ч.

Следовательно, для определения эффективности от реализации СПАП следует учитывать количественные и стоимостные показатели затрат ресурсов и выгод в четырех системах (предметная область, продукт СПАП, СПАП, управления СПАП). Количе-

ственное определение технико-технологических показателей возможно на основании имитационного моделирования каждой из этих четырех систем.

ВЫВОДЫ

1. Выполнен анализ действующих научно-методических основ управления программами свидетельствует о невозможности их использования для определения ценности сервисных программ аграрного производства, так как они не учитывают особые условия реализации этих программ и составляющие проектного среды в значительной мере влияют на эту эффективность.

2. Установлено, что эффективность сервисных программ аграрного производства формируется в четырех системах: предметная область, продукт сервисной программы аграрного производства, сервисная программа аграрного производства, управления сервисной программой аграрного производства.

3. Отражено взаимовлияние составляющих, в которых формируется эффективность сервисных программ аграрного производства, является основой для согласования их архитектуры как между собой, так и системного их согласования с проектным средой.

4. Предложенная методика обоснования эффективности сервисных программ аграрного производства базируется на определении описанных технико-технологических и стоимостных показателей затрат ресурсов и выгод в четырех системах их формирования.

5. Дальнейшие исследования по определению эффективности сервисных программ аграрного производства следует проводить для установления количественного значения технико-технологических и стоимостных показателей затрат ресурсов и выгод.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bushuyev S. D., Yaroshenko R. F. 2011. Kreatyvni modeli yak instrument rozvitku skladanyh system // Upravlinnya rozvytkom skladanyh system : zb. nauk. prats. KNUBA. – К, – Vyp. 5. – 10-12.
2. Bushuyev S. D., Yaroshenko R. F. 2010. Upravlyenye prohramoyu innovatsiynoho rozvitku systemy derzhavnykh Finansiv // Upravlinnya rozvytkom skladanyh system : zb. nauk. prats. KNUBA. – К, – Vyp. 3. – 6-9.

3. Bushuyev S. D., Kharytonov D. A. 2010. Tsinnisnyy pidkhid v upravlinni rozvytkom skladnykh system // Upravlinnya rozvytkom skladanykh system : zb. nauk. prats. KNUBA. – K., – Vyp. 1. – 10-15.
4. Bushuyev S.D., Bushuyeva N.S. 2010. Mekhanyz - my formuvannya tsinnosti v diyal'nosti proektno - kerovanykh orhanizatsiy // Skhidno- yevropeys'ky zhurnal peredovykh tekhnolohiy. - № ½ (43). – Kharkiv, – 4-9.
5. Zubenko D.Yu. 2011. Doslidzhennya metodiv upravlinnya proektamy remontu transportnykh zasobiv // Skhidno – yevropeys'ky zhurnal peredovykh tekhnolohiy. № 6/3 (54). – 15 - 18.
6. Kreativnyye tekhnologii upravleniya proyektami i programmami: Monografiya [Bushuyev S.D., Bushuyeva N.S., Babayev I.A. i dr.] – M.: « Sammit- Kniga », 2010. – 768.
7. Onishchenko S.P., Arabadzhi Ye. S. 2011. Struktura, tsel', produkt i tsennost' programm razvitiya predpriyatiy // Vestnik Odesskogo natsional'nogo morskogo univer - siteta. – № 33. – 175-186.
8. Rubl'ov V. I . 2005. Tekhnichnyy servis - duktsiya diyal'nosti v systemi upravlinnya yakisty sil's'kohospodars'koï tekhniky. / Naukovy visnyk Natsional'ne ahrarynoho universytetu. – K., – Vip.80. – 178-183.
9. Rukovodstvo k svodu znaniy po uprav - leniyu proyektami : Rukovodstvo PMBOK , 4-ye izd., RMI. – 2008. – 436.
10. Rukovodstvo po upravleniyu innova - tsionnymi proyektami i programmami R2M : t.1, versiya 1.2 / per. ukr. yazyk pod red. S. D. Bushuyeva. – M.: Mir, 2009. – 173.
11. Rukovodstvo po upravleniyu innova - tsionnymi proyektami i programmami / pod red . S.D. Bushuyeva. - [T.1, versiya 1.2]. – M.: Mir, 2008. – 165.
12. Sidorchuk A. V., Triguba A.M., Mikhalyuk M.A., Rudinets M.V. 2007. Osobennosti upravleniya proyektami razvitiya tekhnologicheskii integrirovannykh sistem agropromyshlennogo proizvodstva // Tez. IV-y Mezhd. konf. upravleniye proyektami v razvitii obshchestva: Upravleniye proyektami v usloviyakh globalizatsii znaniy. – Kiyev: KNUSA.137-138.
13. Sidorchuk A.V., Senchuk S.R., Kukharuk A.V. 2001. Nauchnyye osnovy inzhenerenogo menezhmenta tekhnicheskogo servisa polevodstva: Monografiya / Lvov: Lvov GAU. – 172.
14. Upravleniye innovatsionnymi proyektami i programmami. Metodologiya: Standart Ministerstva finansov Ukrainy MFU 75.1 – 00013480 - 29.12:2010 // [http:// edu.minfin.gov.ua/Pages/P2M.aspx](http://edu.minfin.gov.ua/Pages/P2M.aspx).
15. Chimshir V.I., Shakhov A.V. 2006. Proyektnooriyentirovannoye upravleniye funktsionirovaniyem remontnoz - prigodnykh tekhnicheskikh system. – M.: Feniks. – 213.
16. Chernaya M.V. 2003. Proyektyny analiz : Uchebnoye posobiye. – M.: Konsul, – 228.
17. Chumachenko I. V., Dotsenko N. V. 2011. Formirovaniye kholisticheskoy tsennosti innovatsionnykh pro- yektov i programm // Vostochno-Yevropeyskiy zhurnal peredovykh tekhnologiy. — №1/6 (49). 13 -16.
18. Plizga Krzysztof. 2008. Model symulacyjny sygnalu diagnostycznego simulating patternel of diagnostic signal // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 10. 207-219.
19. Trojanowska M., Maopolski J. 2011. Forecast models of electric energy consumption by village recipients over a long-term horizon based on fuzzy logic // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 11. 327–334.

EVALUATION OF VALUES SERVICE PROGRAMS OF AGRICULTURAL PRODUCTION

Summary. The existent scientifically-methodical principles analysis of the programs evaluation management is conducted. The method development necessity of service programs value evaluation of agrarian production is grounded. The value forming features in the programs of agrarian production are given. The method of value evaluation of service programs of agrarian production is developed.

Key words: value, service program, agrarian production, management.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЛИЯНИЯ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА НА РАЗВИТИЕ И УРОЖАЙНОСТЬ ТОМАТОВ В СИСТЕМЕ РАСТЕНИЕ-ПОЧВА-ВОЗДУХ

Игорь Болбот

*Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины
г. Киев, ул. Героев Оборона 15*

Igor Bolbot

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Аннотация. Рассмотрена математическая модель влияния теплового режима на развитие и урожайность томатов в системе растение-почва-воздух. Модель описывает качественные и количественные показатели роста и развития растения, которое находится в тесном взаимодействии с динамикой параметров окружающей среды в теплице.

Ключевые слова: математическая модель, тепловой режим, урожайность, томат, тепличное хозяйство.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Практический опыт эксплуатации автоматических систем управления в тепличных хозяйствах позволяет сделать вывод, что тепловой режим в теплице изменяется по случайному алгоритму, что затрудняет обеспечение ее оптимального значения [12, 17].

Эта особенность позволяет осуществить одноразовую настройку оборудования на постоянный оптимальный режим.

Кроме того, параметры таких систем изменяются во времени, что обусловлено изменением параметров объекта, а потому появилась актуальной проблема в разработке новой компьютерно-интегрированной системы управления технологическим процессом в промышленной теплице, которая будет учитывать влияние теплового режима на развитие и урожайность растения.

Автоматические системы управления такого типа в первую очередь должны принимать решения, основываясь на математических расчетах, которые бы учитывали влияние температуры воздуха на урожайность растения [13, 15].

Такой подход позволит установить, какую именно урожайность можем получить при соблюдении определенного уровня температуры воздуха в теплице.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Проанализированы источники о влиянии факторов окружающей среды на рост и урожайность томатов. Методика исследования основывается на изучении тепломассообменных процессов, протекающих в объекте закрытого грунта и влияют на показатели роста и развития растения.

Из всего разнообразия факторов, влияющих на урожайность, наиболее существенными являются тепломассообменные процессы. Анализ литературных источников [2, 4] свидетельствует о том, что все количество факторов, влияющих на растение можно свести к свету, теплу, воде, питательных веществ и углекислоты. Все эти факторы растение впитывает из окружающей среды, перерабатывает, частично усваивает и затем формируется урожай. Вполне естественно, чтобы весь этот поток энергии и массы, поступающей в растения, усваивался растением в оптимальных количествах. Для растения одинаково плохи и очень малые и очень большие порции воды, питательных элементов, тепла и т. д. Учитываем, что каждый из этих факторов является достаточно сложным и многокомпонентным, а одновременное их сочетание приводит к очень сложной системе, обуславливает формирование урожая в целом [5, 19].

Возьмем, световой фактор, рассмотрим его, можем назвать ряд величин, характеризующих световую энергию: освещенность, продолжительность солнечного света, суммарную радиацию и т.д. Рассмотрев тепловой фактор, можем перечислить ряд его характеристик, таких, как температура, количество тепла, теплофизические свойства и т. д. Причем каждый из этих величин, как в области света, так и в области тепла, можно отнести к самому растению, к почве и к воз-

духу, а также в различных сочетаний этих объектов.

В качестве единственного и наиболее влиятельного показателя возьмем некоторую особенность влияния факторов на развитие растения и урожайность. Рассмотрим влияние температуры воздуха, его критического значения, ниже или выше которого растение перестает нормально развиваться или даже погибает [3]. Будучи, безусловно существенным показателем холодостойкости или засухоустойчивости, критические температуры ни в коей мере не могут отразить всей сложности тепловых процессов в объекте закрытого грунта, которые охватывают теплообмен между растением и воздухом, растением и почвой, почвой и воздухом. Сумма температур за вегетационный период или иной отрезок времени, в течение которого протекают ответственные этапы развития культуры, представляет собой лишь итоговое значение, в которую входит множество тепловых явлений, имеющих место в системе растение-почва-воздух.

Для оценки количественной связи теплообеспечения системы растение-почва-воздух нужно исследовать тепловой баланс [6, 7]. Составим тепловой баланс в форме, которая позволит одним параметром характеризовать важнейшую сторону обменных процессов и притом отнести его ко всей системе в целом. Таким параметром может стать коэффициент обеспеченности урожайности.

Рассмотрим влияние температурного режима на урожайность томата, которая является одной из распространенных культур, выращиваемых в закрытом грунте. Одним из основных условий получения раннего и хорошего урожая томата является поддержание оптимального для растения температурного режима. В разные периоды роста и развития растение требует определенной температуры воздуха и почвы [9].

Необходимая температура для прорастания семян томата 24..26 °С. После появления первых бутонов на растении температуру днем поднимают до 17..18 °С, а ночью снижают до 16 °С. Температура воздуха и почвы для томата в значительной степени определяется освещенностью и содержанием в воздухе углекислого газа. В солнечную погоду летом 22..25 °С, в пасмурный день 20..22 °С,

ночью 16..18 °С. Ночную температуру всегда поддерживают ниже дневной. Особенно это важно в период роста плодов. Разница должна составлять не менее 5 °С. Это необходимо для того, чтобы ассимилированные растением за день вещества интенсивно не тратились ночью на дыхание [11].

При постоянной температуре 15 °С рост останавливается, а если температура будет меньше 10 °С, то рост полностью прекращается. Растение начинает быстро отмирать, если температура приближается к 0,5..0,8 °С. За несколько часов при такой температуре может произойти полное отмирание растения. При повышении температуры более 35 °С фотосинтез замедляется. При высокой температуре также нарушается опыление [16].

Температура почвы оказывает значительное влияние на все процессы жизнедеятельности растения. Если она ниже 14 °С, в корневой системе прекращается синтез веществ, необходимых для роста и развития бутонов. У томатов в отношении температуры прослеживается определенная закономерность. Чем она выше, тем быстрее наступает созревание, менее разветвленное соцветие, мелкие плоды и имеют меньше камер, длиннее междоузлие и т.д., что в конечном итоге приводит к раннему, но низкому общему урожаю. Напротив, при низких температурах получают более поздний, но большой урожай. Поэтому оптимальный температурный режим почвы и воздуха необходимо определять для конкретных условий выращивания растения [10].

Свет - это один из основных факторов, лимитирующих рост и развитие растений. Томат очень требователен к освещенности. Минимальная освещенность, при которой еще возможен вегетативный рост растения 2..3 тыс. лк. При освещенности ниже этого порога распад ассимилянтов на дыхание превысит их приход от фотосинтеза. При достаточном наличии солнечных лучей ускоряется развитие растений: они раньше цветут и плодоносят. При пасмурной, даже теплой погоде, цветение задерживается, и плодоношение наступает позже. При солнечном облученные 8 МДж (2,22 кВт·ч) в сутки и обычном содержании в воздухе CO₂ (0,03%), урожайности томатов (у) колеблется

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЛИЯНИЯ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА НА РАЗВИТИЕ И УРОЖАЙНОСТЬ ТОМАТОВ В СИСТЕМЕ РАСТЕНИЕ-ПОЧВА-ВОЗДУХ

в пределах 40..150 грамм с одного куста в сутки и зависит от температуры воздуха в теплице (Θ), что представлено в таблице 1 [20], температура для фотосинтеза томата должна находиться в пределах 20..25 °С.

Таблица 1. Влияние температуры воздуха на урожайность томатов

Table 1. Effect of temperature on yield of tomatoes

Температура воздуха, (Θ), °С	10	11,5	13	14,5	16	17,5	19
Урожайность томатов, (у), грам.	40	61	81	100	114	125	134
Температура воздуха, (Θ), °С	20,5	22	23,5	25	26,5	28	
Урожайность томатов, (у), грам.	141	146	150	151	150	147	

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Цель исследований - на основе комбинированной физико-статистической схемы оценки и анализа явлений, протекающих в системе растение-почва-воздух, построить математическую модель влияния теплового режима на развитие растения и урожайность томатов.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Оценка урожайности сельскохозяйственной культуры с заданными генетическими качествами по обеспечению теплом сводится к решению уравнения вида:

$$Y = f(p), \quad (1)$$

где: p – обеспечение теплом.

Величина p представляет собой дробь, в знаменателе которой значится общее поступление тепла в теплицу, а в числителе - неосвоенная часть тепла которая остается в системе, используется ею и идет на формирование температуры воздуха, определяет

характер и состояние сельскохозяйственной культуры на каждой стадии ее развития. Структура величины p такая, что она изменяется в пределах от нуля до единицы. Если она равна нулю, то температура совсем не усваивается и не используется в теплице, и наоборот, если она приближается к единице, то имеет место условие полной аккумуляции данного фактора, который поступает в теплицу. Рассмотрим влияние температурного режима на развитие растения подробнее, для этого определим теплообеспечение растений:

$$p = \frac{\alpha}{\gamma} = \frac{Q_c + Q_d + Q_{co} - (LU + P + Q_{вип} + Q_{вид})}{Q_c + Q_d + Q_{co}}, \quad (2)$$

где: γ - весь теплоприток к системе растение-почва-воздух, который состоит из суммарной коротковолновой радиации Q_c и длинноволнового излучения атмосферы Q_d , поступления тепла от системы отопления Q_{co} ; α - составляет все тепло, которое поглощается почвой и растением, и промежуточным слоем воздуха, который заполнил промежутки между растениями, и состоит из LU - тепло, которое потрачено на суммарное испарение от растения, P - турбулентный поток тепла от поверхности, за которую принят уровень крон растений, $Q_{вип}$ и $Q_{вид}$ - радиационные потоки, обусловленные излучением и отражением той же поверхности.

Рассмотрим подробнее критерий p для этого введем понятие: теплоаккумуляции в слое произрастания растений, которая представляет собой величину $(c_s \Delta T)_s$, где c_s - теплоемкость воздушного слоя между растениями, ΔT - изменение температуры за период наблюдений; $(c_p^p \Delta T)_p$ - теплоаккумуляция самих растений, так как c_p^p - теплоемкость растительной массы, а ΔT в этой комбинации $(c_p^p \Delta T)_p$ представляет собой изменение температуры растений (средняя температура листьев разного яруса, стебля; $\left. \frac{\lambda \Delta T}{\Delta x} \right|_{x=a}$

- поток тепла в почве начиная с глубины $x=a$; λ - коэффициент теплопроводности грунта в слое $(a-\infty)$. Слой почвы глубиной $(0-a)$, в котором имеют место суточные колебания температуры и появляются вертикальные перепады, назовем его активным слоем по-

чвы. Кроме того $(c_n \Delta T)_n$ означает изменение содержания теплоты в верхнем слое корня ($\theta-a$), который содержит почву и корни растений.

Таким образом, числитель критерия p содержит сумму:

$$(c_6 \Delta T)_6 + (c_p^p \Delta T)_p + \frac{\lambda \Delta T}{\Delta x} \Big|_{x=a} + (c_n \Delta T)_n, \quad \text{ко-}$$

торая представляет собой при вычитании из всего поступления тепла $Q_c^{(H)} + Q_\theta^{(H)} + Q_{co}$ величину, которая аккумулируется нашей системой (растение-почва-воздух) энергии. Знаменатель состоит из поступления тепла в систему от различных источников, составленный из суммарной коротковолновой и длинноволновой $Q_c^{(H)} + Q_\theta^{(H)}$ радиации, которая поступающей из атмосферы и системы отопления Q_{co} до верхнего уровня растений.

Итак:

$$p = \frac{(c_p^p \Delta T)_p + (c_6 \Delta T)_6 + \frac{\lambda \Delta T}{\Delta x} \Big|_{x=a} + (c_n \Delta T)_n}{Q_c^{(H)} + Q_\theta^{(H)} + Q_{co}} \quad (3)$$

Важно отметить, что все величины, которые влияют на теплообеспечение растений p измеряются существующими техническими средствами автоматики и входят в состав систем управления микроклиматом. Никаких вспомогательных неизвестных эмпирических индексов, констант, параметров не требуется для нахождения критерия обеспеченности урожая.

Рассматривая понятие урожай Y , нельзя упускать из виду принцип лимитирующих факторов, поскольку он облегчает реализацию физического или комбинированного метода исследования выращивания растения. Исходя из конкретных обстоятельств, влияющих на урожайность, способа выращивания, вида растения, фитоклиматического воздействия, необходимо провести оценку соотношения значимости главных и второстепенных факторов урожайности [1, 8].

По мере увеличения тепла, происходит рост урожая, но до определенного предела, после чего всякий рост температурного режима уже не дает никакого увеличения урожая (в количественном, качественном, стоимостном выражениях). Более того, состоится угасание урожая. Проведем исследование

[14, 18] влияния показателей температуры воздуха на урожайность томата, для этого используем полином второй степени:

$$Y(\Theta) = k_0 + k_1 \cdot \Theta + k_2 \cdot \Theta^2, \quad (4)$$

где: k_1, k_2, k_3 - коэффициенты полинома, Θ - значение температуры воздуха в теплице.

Коэффициенты полинома k_1, k_2, k_3 подлежат определению на основе обработки статистических данных, таким образом, чтобы сумма квадратов разности значений, полученные экспериментальным путем и значений функции должна быть наименьшей:

$$S_m = \sum_{i=1}^n [Y(\Theta_i) - y_i]^2 \rightarrow \min \quad (5)$$

Построим разницу значений S_m :

$$S_m = \sum_{i=1}^n [(k_0 + k_1 \cdot \Theta + k_2 \cdot \Theta^2) - y_i]^2 \quad (6)$$

Определим частные производные и приравняем их к нулю, получим систему для определения неизвестных коэффициентов полинома k_1, k_2, k_3 :

$$\begin{cases} \frac{\partial S_m}{\partial k_0} = 2 \sum_{i=1}^n [(k_0 + k_1 \cdot \Theta + k_2 \cdot \Theta^2) - y_i] = 0, \\ \frac{\partial S_m}{\partial k_1} = 2 \sum_{i=1}^n [(k_0 + k_1 \cdot \Theta + k_2 \cdot \Theta^2) - y_i] \cdot \Theta = 0, \\ \frac{\partial S_m}{\partial k_2} = 2 \sum_{i=1}^n [(k_0 + k_1 \cdot \Theta + k_2 \cdot \Theta^2) - y_i] \cdot \Theta^2 = 0. \end{cases} \quad (7)$$

Получим систему уравнений:

$$\begin{cases} k_2 \sum_{i=1}^n \Theta_i^4 + k_1 \sum_{i=1}^n \Theta_i^3 + k_0 \sum_{i=1}^n \Theta_i^2 = \sum_{i=1}^n \Theta_i^2 \cdot y_i, \\ k_2 \sum_{i=1}^n \Theta_i^3 + k_1 \sum_{i=1}^n \Theta_i^2 + k_0 \sum_{i=1}^n \Theta_i = \sum_{i=1}^n \Theta_i \cdot y_i, \\ k_2 \sum_{i=1}^n \Theta_i^2 + k_1 \sum_{i=1}^n \Theta_i + n \cdot k_0 = \sum_{i=1}^n y_i. \end{cases} \quad (8)$$

Полученная система уравнений позволит нам найти коэффициенты полинома $k_1 = -158.38, k_2 = 24.9771, k_3 = -0.5037$, их нужно постоянно корректировать в связи с изменением уровня освещенности. Полученные показатели полинома подставим в уравнение (4) и построим зависимость влияния температуры воздуха на урожайность томата (рис. 1).

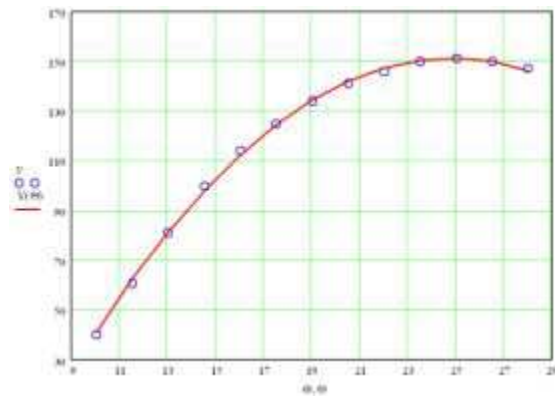


Рис. 1. Зависимость урожайности томатов от температуры воздуха в теплице.

ooo - опытные значения; ----- результаты аппроксимации по выражению (4)

Fig. 1. Dependence of the yield of tomatoes on the air temperature in the greenhouse.

ooo - research value; ----- – results of approximation by the expression (4)

Как уже отмечалось ранее, при изменении интенсивности солнечного облучения будет изменяться и урожайность, поэтому следует рассматривать урожайность томатов в системе растение-почва-воздух учитывая и интенсивность солнечного облучения.

В результате всей этой комбинированной физико-статистической схемы оценки и анализа явлений, которые исследуем, нужно выяснить, каким должен быть уровень теплообеспечения, чтобы получить оптимальную величину урожая Y учитывая экономические показатели.

ВЫВОДЫ

Установлено, что наиболее значительным фактором, который влияет на развитие и урожайность томатов является тепловой режим. Предложена математическая модель, влияния теплового режима на развитие и урожайность томатов в системе растение-почва-воздух, которая позволяет установить закономерность формирования урожая от изменения температуры воздуха, при увеличении тепла, происходит рост урожая, но до определенного предела, после чего всякий рост температурного режима уже не дает никакого увеличения урожая, как в количественном так и в качественном выражении, более того, происходит его угасание.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Aleshin V.D. 1980. Prikladnaja model produktivnosti pocesov. / Nauchno-tehnicheskij bjulleten po agrofizike, - Leningrad. № 42. - 45 - 52.
2. Aliev E. A. 1985. Vyiraschivanie ovoschej v gidroponnyh teplitsah. - M.: Urozhaj, - 160.
3. Alpatev A. B. 1976. Pomidory. - M. Moskovskij rabochij. - 284.
4. Brizgalova V. A. 1995. Ovoshevodstvo zaschischennogo grunta. - M.: Koloc. - 352.
5. Globusa A.M. 1968. Fizika sredy obitanija ractenij: Perv. s angl. - L.: Gidrometeoizdat. - 304.
6. Davitaja F.F. 1964. Prognoz obespechnosti teplom i nekotorye problemy sezonogo razvitija prirody. - M.: Gidrometeoizdat. - 131.
7. Draganov B. H., Kuznetsov V.A., Rudobashta C. P.. 1986. Teplotehnika i primenenie teploty v scelskom hozjajstve. - M.: API. - 463.
8. Juravleva V.V. 2008. Matematicheskie modeli protsessov reguljatsii v fiziologii ractenij // Izvestija, - Barnaul. Tom 1 - №57. - 43 - 57.
9. Kurtener D.A., Uckov I.B.. 1982. Klimaticheskie faktory i teplovoj rezhym v otkrytom i zaschischennom grunte. - L.: Gidrometeoizdat. - 235.
10. Lihatskij V. I. 1996. Ovochivnitstvo / V. I. Lihatskij, Ju. E. Burgart, V. D. Vacjanovich. Za red. V.I. Lihatskogo. - K.: Urozhaj. - 359.
11. Maksimov N.A. 1958. Kratkij kurs fiziologii ractenij. - M.: "Gosizdat s.h.literatury", - 562.
12. Opryshko A., Pasichnik N. 2012. Robototehicheskie sistemy dlja gorodskih teplichnyh hozjastv // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 14 - №3. - 222-225.
13. Poluektov R.A., Cmoljar E.I., Terleev V.V., Topaj A.G.. 2006. Modeli produkcionnogo protsessa selkohozjajstvennyh kultur - SPb.: - 290.
14. Sovetov B. Ja., Jakovlev S. A. 1998. Modelirovanie cictem. - M.: Vysshaja shkola, - 260.
15. Tornli Dj.G.M. 1982. Matematicheskie modeli v fiziologii ractenij / per. s angl. D.M. Grodzinskogo. - K.: Nauk. dumka, - 312.
16. Shishko G. G. 1993. Teplitsy i teplichnyie hozjajstva: Spravochnik / G.G. Shishko i.dr.; red. G.G. Shishko. - K.: Urozhaj, 424.

17. Kischak I., Havrysh V., Kulik A. 2011. Component of support of agricultural enterprises industrial hardware // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 13A. 153-159.
18. Koshkin D. 2011. The dynamic model of the greenhouse environment control system // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 13A. 189-195.
19. Stanghellini C. 1987. Transpiration of greenhouse crops. An aid to climate management: Ph. D. Dissertation. - Wageningen: Agricultural University, - 150.
20. Uzun Sezgin. 2007. The Effect of Temperature and Mean Cumulative Daily Light Intensity on Fruiting Behavior of Greenhouse-grown Tomato: [Elektron. recurc]. // The University of Ondokuz May's, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture. - 132(4). 459-466. - Rejim doctupu: do jorn.: <http://journal.ashspublications.org/content/132/4/459.full.Pdf>

MATHEMATICAL MODEL INFLUENCE OF THERMAL REGIME ON GROWTH

Summary. The mathematical model impact of thermal regime on the development and yield of tomato in the system soil-plant-air. The model describes the qualitative and quantitative growth and development of plants that are in close interaction with the dynamic parameters of the environment in the greenhouse.

Key words: Mathematical model, thermal regime, crop, tomato, greenhouse farming.

РАЗВИТИЕ АГРАРНОЙ ПОЛИТИКИ В УКРАИНЕ В УСЛОВИЯХ ЭКОНОМИЧЕСКОГО КРИЗИСА

Владимир Галанец

*Львовский региональный институт государственного управления
Национальной академии государственного управления при Президенте Украины
г. Львов, смт. Брюховичи, ул. Сухомлинского, 16*

Volodymyr Halanets

*Lviv Regional Institute of Public Administration of the National Academy of Public Administration
Office of the President of Ukraine*

Аннотация. Проведен анализ состояния сельского хозяйства Украины в период аграрной реформы 1990-2010 на основании официальной статистической информации.

Предлагается модификация незавершенной аграрной реформы в Украине, ряд направлений модернизации для выведения ее из кризисного состояния.

Ключевые слова: аграрная политика, экономический кризис, его причины, материально-техническая база, внесение удобрений, диспаритет цен, упадок животноводства, низкий уровень рентабельности, необходимость модернизации аграрной реформы.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Украина длительное время находилась в составе СССР, экономика которого базировалась на двух формах собственности: общегосударственной и колхозно-кооперативной.

Первая представляла собой наивысший уровень общественных средств производства, другая - разновидность общественной собственности, при которой владельцами выработанной продукции становились колхозники. Обе формы собственности лишали инициативы рабочих и колхозников собственной инициативы на производстве, возможности стать реальными владельцами выработанной продукции. Отсутствие заинтересованности крестьян в результатах своего труда не стимулировало развития общественного производства. Его темпы постоянно замедлялись. Предкризисная ситуация перешла в кризисную.

Поскольку Украина получила в наследство от бывшего СССР структурно незавершенное, разбалансированное, социально не ориентированное, экономически не выгодное хозяйство, которое не отвечало параметрам и условиям независимого государства, то эконо-

мический кризис здесь проявился в наихудших чертах. Ему было присуще уменьшение объемов производства, разрушение финансово-кредитной системы, развитие инфляции, банкротство промышленных и сельскохозяйственных предприятий, роста безработицы, резкое падение уровня жизни населения.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Исследованию направлений аграрной реформы в Украине посвящены работы экономистов-аграриев: В. Андрейчука, И. Баланюка, П. Березивского, Е. Васькивской, В. Гейца, Ю. Губени, Т. Дудара, В. Зиновчука, В. Лендьела, В. Липчука, М. Малика, В. Месель-Веселяка, О. Онищенко, И. Прокопы, П. Саблука, О. Шпиичака, Г. Черевка, В. Юрчишина и многих других. Решались задачи: обобщить теоретические и практические направления аграрной реформы в Украине, установить причины неудачи, найти возможности для повышения роли государства и экономической эффективности мероприятий.

Изучение экономических явлений осуществлялось по схеме: прошедшее-современное-будущее.

ПОСТАНОВКА ЗАДАНИЯ

Проанализировать изменения, которые состоялись в аграрной реформе, позволяет статистический сборник "Сельское хозяйство Украины в 2010 году", подготовленный и изданный департаментом государственной статистики. В нем наводится информация относительно динамики численности населения Украины, его занятости, оплаты работников отрасли, наличия средств производства, посевных площадей, развития растениеводства и животноводства, производства ва-

ловой продукции сельского хозяйства, его эффективности.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Как показывает таблица 1, население Украины с каждым годом сокращается, особенно сельское население.

Прекратить сокращение количества населения и стимулировать повышение заработной платы в сельском хозяйстве – первое из основных заданий на перспективу.

Человек склонен постоянно сравнивать вознаграждение за свой труд с затраченными усилиями, свою заработную плату с заработной платой других. Если такое сравнение приводит к выводу о несправедливости, то возникает психическое напряжение, мотивация, к труду снижается. Поэтому ситуация с оплатой труда в сельском хозяйстве приводит к искажениям в сознании и морали, обеднения человеческого капитала. Теряются стимулы к трудовой активности, вера в справедливость и связь уровня жизни с трудом. Негативные тенденции отображаются на темпах экономического роста отрасли и качества жизни сельского населения.

Вывод из ситуации, который сложился с оплатой труда в сельском хозяйстве, – критический. Отставание уровня оплаты труда в сельском хозяйстве увеличивается. Удельный вес оплаты труда наемных работников в валовой добавленной стоимости в сельском хозяйстве является самым низким среди видов экономической деятельности.

Учитывая многогранную роль оплаты труда, как стимулятора трудовой деятельности, и как регулятора размещения трудовых ресурсов, достойная оплата труда должна была бы стать главным условием успешного завершения аграрной реформы.

Вторым важнейшим фактором, от которого зависит судьба сельскохозяйственного производства, есть стоимость основных средств производства. Как показывает статистический сборник "Сельское хозяйство Украины" состояние основных средств в экономике за видами экономической деятельности в сельском хозяйстве требует коренного улучшения. Плохо здесь используется техника, уничтожены мелиоративные системы, разрушены животноводческие комплексы, закрыты сахарозаводы и т. п.

Статистика показывает, что производство тракторов и комбайнов в Украине в 2010 г. не составляет даже трети в сравнении с 1990 годом.

Резкое сокращение объемов промышленных средств производства и предметов труда, большой диспаритет цен, на них и на продукцию сельского хозяйства, тысячекратное повышение цен на энергоносители обусловили резкое уменьшение производства сельскохозяйственной продукции в общественном секторе экономики. Много отраслей стали невыгодными.

Характерной особенностью экономического кризиса было полное разрушение финансово-кредитной системы, непомерный рост цен, снижение платежных возможностей предприятий и хозяйств, увеличение их убыточности.

Достаточно вспомнить, что в 1991 г. в сравнении из 1990 г. индекс цен увеличился в 2,6 раза, а в 1993 г. в сравнении из 1992 г. – в 97,7 раза; всего с 1996 г. по 2002 г. состоялись изменения в 60 тыс. раз. [1].

В период инфляции цены на бензин выросли в 1084 раза, на минеральные удобрения – в 792 раза, при росте общего индекса расходов на производство сельскохозяйственной продукции в 218 раз (декабрь 1994 г. по сравнению с декабрем в 1993 г.) [1].

Таблица 1. Население Украины на 1 января, тыс. чел. [13]
Table 1. Population of Ukraine on January, 1, thousand persons [13]

Показатель	2002 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2011 г. к 2002 г., %
Все население (постоянное)	48240,9	46465,7	46192,3	45963,4	45782,6	45598,2	94,5
Сельское население	15950,2	14943,9	14779,2	14631,8	14513,4	14412,2	90,4

Это свело к минимуму производство сельскохозяйственных машин и оборудования, которое подорвало индустриальную основу сельскохозяйственного производства, значительно сузило возможности его интенсификации.

Почти восьмикратный разрыв ценовых индексов продукции сельского хозяйства и промышленности привел к неслыханной диспропорции [1].

В таких случаях функционирование больших специализированных хозяйств, которые базируются на использовании большого количества машин и оборудования стало невыгодным.

Дефицит бензина и смазочных материалов, непомерно высокие цены на них заставили хозяйства резко сократить их закупку: они свели к минимуму весь комплекс работ по химической мелиорации земель, коренного улучшения пастбищ, внесения органических и минеральных удобрений, нарушения срочности выполнения агротехнических работ.

Достаточно привести пример (таблица 2).

Если учитывать, что для покупки удобрений у хозяйств нет средств, а органических удобрений вообще не стало в связи с критическим снижением поголовья животноводства, то нет надобности объяснять почему средний урожай зерновых не превышает в Украине 30 ц/га, а у фермеров Германии – не редко составляет 100 ц/га.

Значительный дефицит бензина и смазочных материалов, непомерно высокие цены заставили хозяйства Украины резко сократить их закупку.

Не имея в достаточном количестве машин и оборудования, необходимого количества средств, хозяйства, возвели к минимуму комплекс работ по гидротехнической и химической мелиорации земель, коренного улучшения пастбищ, внесения минеральных удобрений, средств борьбы, с болезнями и вредителями, внесения органических удобрений и выполнения многих работ, предусмотренных в технологические сроки.

Экологический кризис налагается на экономический и вместе обуславливают сокращение масштабов сельскохозяйственного производства (табл.3).

Как подтверждает статистика, в 2010 году производство продукции сельского хозяйства в сравнении с 1990 г. сократилось на 31,1%, в том числе продукции растениеводства – на 11,8%, продукции животноводства – на 52,8%. В 1990 г. на одного работающего в отрасли было произведено валовой продукции сельского хозяйства на 2811 грн., а в расчете на 100 гектаров сельскохозяйственных угодий на сумму 346,3 тыс. грн. До сих пор этот уровень не достигнут. В 2010 г. произведено на одного работающего 2192 грн. и на 100 гектаров угодий 270,2 тыс. грн.

Таблица 2. Внесение удобрений под сельскохозяйственные культуры в сельскохозяйственных хозяйствах Украины [13]

Table 2. Top-dressing under agricultural cultures in the agricultural economies of Ukraine [13]

Показатель	1990г	2000г	2004г	2008г	2010г	2010г. к 1990г.,%
Минеральные удобрения						
Внесено в питательных веществах, тыс.т	4242	279	518	1065	1060	25,0
Частица земель с внесенными удобрениями %	83	22	44	13	13	50,2
На 100 гектаров посевной площади, кг	141	13	29	57	58	41,1
Органические удобрения						
Внесено в питательных веществах, тис.т	257	28	15	10	10	3,9
Частица земель с внесенными удобрениями %	18	3	0,5	0,5	0,4	7,4
На 100 гектаров посевной площади, кг	8,6	1,3	0,8	0,6	0,5	5,8

Таблица 3. Производство продукции сельского хозяйства в Украине [13]
Table 3. Production of goods of agriculture in Ukraine [13]

Показатель	1990г.	1995г.	2000г.	2005г.	2007г.	2009г.	2010г.	2010г. к 1990г., %
Продукция сельского хозяйства	145875	94795	77889	92586	88769	102693	100536	68,9
Продукция растениеводства	66560	49371	43573	53976	49718	61545	58678	88,2
Продукция животноводства	79315	45424	34316	38610	39051	40548	41858	52,8

Сегодня аграрный сектор обречен на самовывживание, но на нем держится государственность Украины. Его фондооснащенность в 3-5 раз ниже чем в промышленных отраслях. В то же время в странах с развитой экономикой фондооснащенность в сельском хозяйстве в 2-3 выше, чем в промышленности. Инвестиционная деятельность в сельском хозяйстве минимальная. Банки превратились в самостоятельную сферу получения

сверхдоходов. В последнее время на каждую вложенную 1 грн. в банковскую сферу зарабатывают 200%, в торговлю – 100%, в сферу сельскохозяйственного производства – 4-5%.

В животноводстве приоритеты изменились в пользу хозяйств населения, однако потери сельскохозяйственных предприятий в количестве поголовья животных они компенсировать не смогли.

Таблица 4. Поголовье животных по категориях хозяйств(на конец года, тыс.грн.) [13]
Table 4. Population of animal after categories economies(on the end of year, thousands of hrv) [13]

Показатель	1990г.	1995г.	2000г.	2005г.	2007г.	2009г.	2010г.	2010г. к 1990г., %
Хозяйства всех категорий								
Крупный рогатый скот	24623	17357	9424	6514	5491	4827	4494	18,3
в т.ч. коровы	8378	7531	4958	3635	3096	2737	2631	31,4
Свиньи	19427	13144	7652	7053	7020	7577	7960	41,0
Овцы	7896	3209	963	872	1034	1097	1101	13,9
Сельскохозяйственные предприятия								
Крупный рогатый скот	21083	13701	5037	2492	1927	1627	1526	7,2
в т.ч. коровы	6192	4595	1851	866	679	605	589	9,5
Свиньи	14071	7152	2273	2602	2870	2308	3625	25,8
Овцы	7166	2424	301	271	301	316	299	4,1
в том числе фермерские хозяйства								
Крупный рогатый скот	-	37	102	110	105	98	95	-
в т.ч. коровы	-	16	36	38	38	37	37	-
Свиньи	-	40	54	150	248	273	295	-
Овцы	-	20	6	33	54	60	56	-
Хозяйства населения								
Крупный рогатый скот	3540	3856	4387	4022	3564	3200	4968	83,4
в т.ч. коровы	2186	2936	3107	2769	2417	2132	2042	93,4
Свиньи	5356	5992	5238	4451	4150	4269	4335	80,9
Овцы	732	759	551	603	736	884	806	110,1

Поголовье свиней, которое было в Украине в 1990 г. традиционно большим, до сих пор не возобновилось. В 1990 г. их насчитывалось в различных категориях хозяйств 19426,9 тыс. гол., а на конец 2010 г. всего лишь 7960,4 или в 2,4 раза меньше.

Еще более яркий пример с птицей. Поголовье птицы составляло в 1990 г. 246104,2 тыс. гол., а на конец 2010 г. всего лишь 5854,7 тыс. гол. или в 6,0 раз меньше.

Посевная площадь Украины, которая в 1990 году составляла 32406 тыс. га к 2010 г. уменьшилась до 26952 тыс. га, то есть на 5454 тыс. га, или на 16,8%, что нужно расценивать как нежелательный факт.

Существенно сократились посевы кормовых культур, в связи с неурядицами в животноводстве. Почти полностью исчезли посевы льна-долгунца, который еще недавно был традиционной культурой в Украине, сущест-

венно сократились посевы сахарной свеклы, из-за недостатка рабочих рук.

Акценты относительно поголовья животных изменились. Приоритет принадлежит хозяйствам населения, однако они не в состоянии возобновить поголовье, утраченное в сельскохозяйственных предприятиях.

Аграрные реформирования оказались сложнее, чем можно было предусматривать. Учитывая их новизну для Украины государство вступило в них без наименьшего опыта, что повлекло за собой исключительную сложность трансформации.

Прежний президент Украинской академии аграрных наук М.В. Зубец и академик УААН В.В. Юрчишин считают, что проблема сохранения села и крестьянства заключается в несовершенстве аграрной политики Украины, решения этой проблемы, будет сложным и длительным.

Таблица 5. Эффективность сельскохозяйственного производства в сельскохозяйственных предприятиях

Table 5. Efficiency of agricultural production in agricultural enterprises

Показатель	1990г.	1995г.	2000г.	2005г.	2008г.	2009г.	2010г.	2010 г. к 1990 г., %
Прибыль, убыток (-) от реализации сельскохозяйственной продукции, млн. грн.	11422,8	675,6	-121,4	1253,2	5462,1	7120,0	12750,5	111,6
в том числе:								
продукции растениеводства	7060,0	1152,7	1834,5	900,2	5450,7	6334,3	11375,9	161,1
продукции животноводства	4362,8	-477,1	-1955,9	353,0	11,4	785,7	1374,6	31,5
Уровень рентабельности производства сельскохозяйственной продукции %	42,6	136	-1,0	6,8	13,4	13,8	21,1	49,5
в том числе:								
продукции растениеводства	98,3	55,5	30,8	7,9	19,0	16,9	26,7	27,2
продукции животноводства	22,2	-16,5	-33,8	5,0	0,1	5,5	7,8	35,1

Состояние сельского хозяйства, кроме всего другого, определяется отсутствием в стране до сих пор четкой аграрной политики. Все то, которое выдавалось за нее, прошло путь от антиполитики, поскольку она от самого начала работала не на крестьян, а всей своей сущностью и механизмом, как считают ученые, отталкивала их от себя.

Аграрная политика должна рассматриваться как программный документ наивысшего государственного уровня, обязательный к выполнению его требований не только в сельском хозяйстве, а также и в других сферах производства. В действительности в Украине не был принят даже Закон об аграрной реформе.

Первым на это обратил внимание в своем Послании Верховной Раде Украины в 1998р. Президент Л.Д. Кучма.

Он заявил о фактическом провале аграрной политики, об отсутствии настоящих реформ, о том, что сельское хозяйство стало наиболее неотрегулированной сферой деятельности, что аграрный сектор экономики не превратился в двигатель экономического развития, а способствовал его упадку.

Президент Л.Д. Кучма сообщил Верховной Раде Украины, что государству нужна всесторонне обоснованная, целеустремленная и конструктивная аграрная политика, которая за своей логикой и принципами не только в полной мере отвечала бы курсу на ускорение рыночной трансформации экономической системы, но и была бы ее основным звеном, стимулирующим фактором. Но решить эту проблему самостоятельно Президент не сумел или не захотел.

Научным работникам остался один выход: объявить и провести модернизацию аграрной реформы в Украине.

Наиболее действенными факторами модернизации аграрной реформы в Украине мы считаем:

- безотлагательное завершение земельной реформы, снятия Президентского моратория на создание рынка сельскохозяйственных земель, капитализация земли и создание ипотеки земли,
- ценообразование на продукцию АПК в условиях рыночной экономики,
- усовершенствование налоговой политики государства,

- усовершенствование кредитной политики государства,
- повышение роли государства в регуляции экономики,
- повышение эффективности сельскохозяйственного производства за счет производства из озимого рапса биодизеля;
- переход на кластерное управление производством.

Особенного внимания заслуживает расширение посевов масличных культур: подсолнуха и озимого рапса. Высококачественное украинское подсолнечное масло имеет большой спрос на мировом рынке и позволяет поднять экономику хозяйств. Семена озимого рапса, которое содержит до 50% растительного масла является наилучшим сырьем для изготовления биотоплива. Недостаток естественного бензина, высокие цены, зависимость от России заставляют Украину, также заняться производством биотоплива, наследуя пример США, Германии, Италии, Франции, Австрии, других стран, которые имеют в этом достаточно большие успехи.

Проблема стала предметом обсуждения на уровне Кабинета Министров Украины. У 2007 г. была принята «Программа развития производства биодизельного топлива на период 2007-2010 гг.», которой предусматривалось соорудить не менее 20 заводов, общей мощностью 623 тыс. т биотоплива в год.

Пытаясь быть правовым государством Украина приняла за последние годы большое количество законов и законодательных актов, необходимых для перехода к рыночной экономике. Но реальное положение вещей свидетельствует о том, что на сегодня многоукладная сельская экономика в Украине вынуждена развиваться в псевдорыночной среде, а земельная собственность не получила настоящего рыночного содержания.

Основным ориентиром противников снятия президентского моратория на покупку-продажу земли является опасение, что узаконивание рынка земли, при отсутствии средств в тех, кто на ней работает, ее раскупят отечественные олигархи и владельцы зарубежных капиталов, а украинский крестьянин останется без земли. Но для правовых государств, которыми являются страны ЕС, это не является предметом переживания. Их правовые системы позволяют поставить на-

дежные препятствия, полностью исключить такие случаи. Они станут невозможными, если Украина будет правовым государством, нужно только использовать опыт стран ЕС.

Ценообразование на рынках продукции аграрного сектора является стержневой предпосылкой эффективной деятельности всех форм ведения хозяйства в аграрной экономике, основывается на свободном ценообразовании в сочетании с государственной регуляцией и усилением антимонопольного контроля.

Закон Украины «О ценах и ценообразовании» от 17 марта 1999 года был направлен на постоянное соблюдение эквивалентного обмена между сельским хозяйством и промышленностью, другими отраслями народного хозяйства, но реализовать его было невозможно через низкий уровень платежеспособности большинства населения.

Сельскохозяйственные предприятия ежегодно недополучают свыше 12 млрд. грн. прибыли, а с учетом разницы в оплате труда 16-17 млрд. грн.

Дефицит нефти на мировом рынке, мировые запасы которой являются ограниченными, обусловил повышение цен на нее в сентябре 2007 года, который продолжается и в настоящее время.

ВЫВОДЫ

1. Анализ статистического сборника подготовленного департаментом государственной статистики «Сельское хозяйство Украины в 2010 году» не оставляет нам ничего другого, как сделать вывод, что аграрная реформа в Украине провалилась.

2. Такой вывод сделал Президент Л. Д. Кучма еще в Послании в Верховную Раду в 1998 г. где он отметил фактический провал аграрной политики. За его выводом сельское хозяйство Украины является наиболее неотрегулированным участком экономики, отсутствие настоящих реформ не превратило аграрный сектор в двигатель экономического развития, а наоборот, предопределило его упадок.

3. Это можно подтвердить ознакомившись со статистическим сборником 2010 года. Численность населения Украины уменьшилась. Оплата труда в отрасли одна из самых низких 1853 грн., тогда как в промыш-

ленности 3120 грн. Посевные площади в отрасли сократились на 6154 тыс. га, производство валовой продукции в расчете на работающее лицо и 100 га сельскохозяйственных угодий на 22%. поголовье крупного рогатого скота сократилось на 81,7%, свиней – на 60,0%, овец и коз на 79,4%, гусей на 76,8%. Состоялся полный развал животноводства.

4. Уменьшение производства в сельскохозяйственных и фермерских хозяйствах не компенсируется личными хозяйствами населения. Финансово-экономический кризис приобрел небывалую остроту.

5. При такой ситуации в аграрном секторе экономики необходимым стало повторное реформирование, теперь уже с целью преодоления некоторых половинчатых или несовершенных решений, то есть нужно она модифицировать.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Agrarian reform in Ukraine. Monograph. After the release of academician of NAAS P. I. Gajduckogo. -Kyiv. -2005.
2. Jevic P. 2012. Technical standard for rapeseed oils as a fuel. / MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 14. No. 3. – 4-8.
3. Halanets V.V. 2012. Passing to the cluster management of production // International research and practice conference "Strategy of innovative development of economy: business, science, education". 11-14.04. - Kharkiv.
4. Halanets V.V. 2012. Consequences of agrarian reform in Ukraine, its modernisation // Research and practice conference on foreign participation 20.04. LRIPA NAPA.
5. Power strategy of Ukraine on a period to 2030. Order of Cabinet of ministers of Ukraine from 15.03.2006 №145. [http:// search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/FIN3853Z.html](http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/FIN3853Z.html).
6. Halanets V.V. 2003. Strategic management of agricultural operations in the system of state administration: monograph / Lviv: LRIPA NAPA. -160.
7. Halanets V.V. 2013. State control of agrarian sector of economy: monograph. / Lviv: LRIPA NAPA. -326.
8. Halanets V.V. 2010. State control of agrarian sector of economy. Reformation of the system of public administration and government ser-

- vice: theory and practice. Conference on foreign participation 22. 10. 2010. – Lviv: LRIPA NA-PA. - 458.
9. Halanets V.V. 2012. Becoming of market of biopropellant in Ukraine. An international research and practice conference "Strategy of innovative development of economy: business, science, education" 11-14.04. Kharkiv. - 32-34.
10. Ignat'jeva T. G. 2011. Production and consumption of biodiesel in the agrarian enterprises of Ukraine // Economy of APC., №4 - 33.
11. Kaletnyk G. M. 2010. An economy of biopropellant production in Ukraine and providing of food safety // Economy of APC., №1
12. Polischuk V. 2012. Alternative diesel fuels / MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 14. No. 3. 20-31.
13. Agriculture of Ukraine in 2010. - Kyiv: Department of state statistics. 2011. - 826.
14. Flys I. 2012. Scientifically-methodological problems in the management of creation innovative projects productive - processing complexes / MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 14. No. 4. 91-96.
15. Jurchyshyn V.V. 2009. Agrarian politics in Ukraine on the fractures of political epochs : monograph - Kyiv: Naukova dumka. - 365.

DEVELOPMENT OF AGRARIAN POLITICS IN UKRAINE IN THE CONDITIONS OF ECONOMIC CRISIS

Summary. The analysis of the state of agriculture of Ukraine is conducted in the period of agrarian reform of 1990-2010 on the basis of official statistical information.

Modification of the uncompleted agrarian reform is offered in Ukraine, row of directions of modernization for the leadingout of it from the crisis state.

Key words: agrarian policy, economic crisis, agrarian reform, economic crisis, low level of profitability, necessity of agrarian reform modernization.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОГРАММ РЕМОНТА МАШИН, ИХ УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕСИММЕТРИЧЕСКИХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ

Роман Кузьминский

Львовский национальный аграрный университет

г. Дубляны, ул. Владимира Великого 1

Roman Kuz'minskij

Lviv National Agrarian University

Аннотация. Изложен усовершенствованный метод прогнозирования изменений во времени программы ремонта машин, их узлов и агрегатов, который обеспечивает повышение точности учета изменений уровня насыщения техникой различных марок и моделей зоны обслуживания ремонтных предприятий, а также уменьшение ее надежности за период эксплуатации.

Ключевые слова: ремонтные предприятия, программа ремонта, прогнозирование, несимметрические распределения.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Обоснование годовой программы ремонта W_T является одной из важнейших задач на этапе проектирования ремонтных предприятий (РП), а также их производственных подразделений, поскольку именно на основании значений W_T рассчитывают количество рабочих и ремонтно-технологического оборудования (РТО), определяют параметры и структуру технологических линий (ТЛ) и участков ремонта, а также осуществляют подбор или проектируют новое РТО для этих ТЛ и участков.

Важность правильного решения этой задачи очевидна, поскольку от значения годовой программы ремонта W_T зависит эффективность ремонтного производства, а ошибки допущенные на этапе проектирования сложных производственных систем, таких как РП, очень сложно, а, иногда, и вообще невозможно исправить.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Теоретические предпосылки обоснования годовой программы РП заложены И.С. Левитским [9], развиты в работах С.С. Черепанова [2], а также В.И. Казарцева [5], Е.Л. Воловика [20] и М.А. Масино [11] для восста-

новления деталей, Г.А. Малышева [10], В.И. Карагодина [4] и В.Е. Канарчука [3] – для авторемонтного производства.

В результате многолетних ретроспективных наблюдений за изменениями годовых программ агрегатно-ремонтных предприятий (АРП) Украины показано [7, 19], что годовые программы ремонта в разные годы работы АРП отличаются более, чем в 20 раз. Таким образом, обоснование оптимальной программы ремонта имеет очевидный недостаток – результатом всегда является единственное оптимальное, в определенном смысле, значение программы ремонта. В тоже время основные положения этой теории, а также целевая функция оптимизации программы ремонта используются до сих пор как в научных трудах [13, 14], так и в практических рекомендациях [6, 12, 15].

Предложенная в работах [7, 8] модель прогнозирования изменений программы ремонта АРП на основании нормального распределения также имеет недостаток – не позволяет учитывать неодинаковую динамику насыщения зоны обслуживания АРП различной техникой.

ПОСТАНОВКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Обосновать модель прогнозирования изменения программ ремонта машин (узлов и агрегатов машин), которая дает возможность учитывать неодинаковую динамику насыщения зоны обслуживания ремонтного предприятия машинами различных марок.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Годовую программу ремонта i -ой марки машины (ее узлов и агрегатов), как известно, можно рассчитать как произведение суммарного количества этих машин в зоне обслуживания ремонтного предприятия $\sum N_i$ на коэффициент охвата ремонтом K_{Oxi} , значе-

ния которого для различных машин, а также узлов и агрегатов машин приведены в справочной литературе:

$$W_{P,i} = \sum N_i \cdot K_{OX,i} \quad (1)$$

Сложность применения модели (1) состоит в том, что в разные годы работы РП суммарное количество машин i -й марки в зоне его обслуживания изменяется, то есть $\sum N_i(t)$.

Пусть общая продолжительность периода поступлений машин i -ой марки в зону обслуживания РП, которая определяется заводом производителем машин, составляет $T_{П,i}$, а период эксплуатации до списания, рекомендованный техническими условиями, составляет $T_{Э,i}$.

Рассмотрим модель прогнозирования поступлений машин i -ой марки в зону обслуживания РП на основании β -распределения в виде:

$$N_{i,j} \left(\frac{j}{T_{П,i}} \right) = \sum_{j=1}^{T_{П,i}} N_i(j) \cdot \frac{\Gamma(\beta + \omega)}{\Gamma(\beta) \cdot \Gamma(\omega)} \times j^{\beta-1} \cdot (1-j)^{\omega-1}, \quad (2)$$

где: $\beta > 0$, $\omega > 0$ – параметры формы распределения.

Изменяя соотношения параметров формы β и ω можно получить модели, описывающие различную скорость насыщения зоны обслуживания машинами i -ой марки (рис. 1): для активного насыщения ($\beta > 1$, $\omega > 1$ и $\beta < \omega$); для равномерного насыщения ($\beta > 1$, $\omega > 1$ и $\beta = \omega$); для осторожного насыщения ($\beta > 1$, $\omega > 1$ и $\beta > \omega$).

Учитывая необходимость замены изношенных машин i -ой марки [16; 17], через период времени $T_{Э,i}$ от начала их поступлений начинается списание этих машин, а количество списываемых в определенный ($T_{Э,i}+k$)-й год машин можно принять равным количеству поступивших в k -й год ($N_{i,СП}(T_{Э,i}+k) = N_{i,П}(k)$). Таким образом, в j -й год от начала поступлений машин i -ой марки суммарное их количество в зоне обслуживания РП будет составлять (рис. 2):

$$\sum N_i(j) = \sum N_{i,П}(j) - \sum N_{i,СП}(j), \quad (3)$$

а полный период потребности в ремонте машин i -ой марки Θ_i будет превышать период поступлений:

$$\Theta_i = T_{П,i} + T_{Э,i}. \quad (4)$$

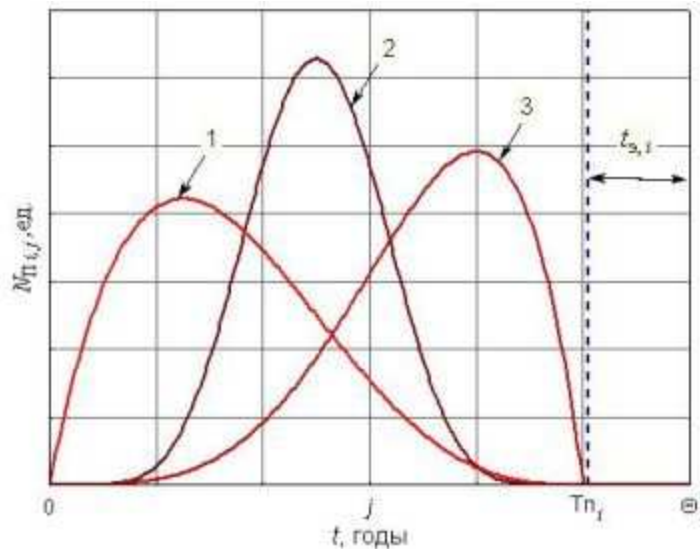


Рис. 1. Модели насыщения зоны обслуживания РП машинами i -ой марки на основании β -распределения:

- 1 – активное насыщение ($\beta=2$, $\omega=4$); 2 – равномерное насыщение ($\beta=8$, $\omega=8$);
- 3 – осторожное насыщение ($\beta=5$, $\omega=2$)

Fig. 1. Models of saturation of service area of repair enterprise by machines i -th model, based on the β -distribution:

- 1 – active saturation ($\beta=2$, $\omega=4$); 2 – uniform saturation ($\beta=8$, $\omega=8$);
- 3 – cautious saturation ($\beta=5$, $\omega=2$)

Вследствие закономерностей изменения технического состояния машин [1, 19] значения коэффициента охвата ремонтom неодинаковы для машин различного возраста.

С целью учета изменений значений коэффициента охвата ремонтom используем зависимость

$$K_{\text{ох},i}(l) = K_{\text{ох},i}(l=1) + b_{0,i} \cdot l^{1/b_{1,i}}, \quad (5)$$

где: l – год эксплуатации машины марки;
 $b_{0,i}$, $b_{1,i}$ – коэффициенты.

Кроме того, применяя уравнение (1) следует учитывать, что суммарное количество машин в зоне обслуживания РП будет включать машины различного возраста (рис. 3).

Таким образом, используя зависимости (1-5) можно получить модель изменения программы ремонта машин i -й марки в зоне обслуживания РП для всего периода Θ_i эксплуатации этих машин (рис. 4).

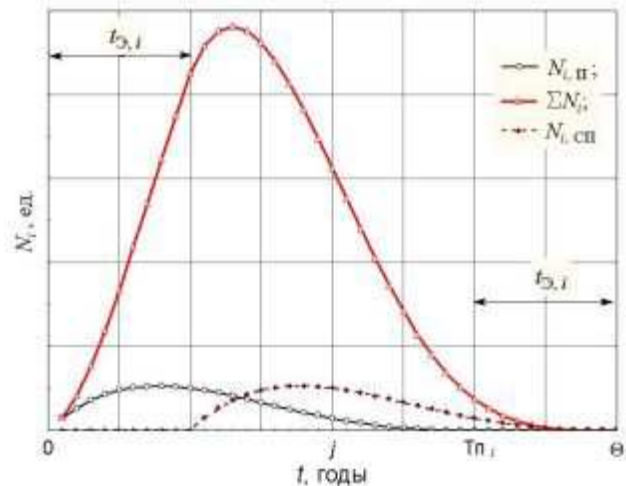


Рис. 2. Определение суммарного количества машин i -й марки в зоне обслуживания РП в различные годы периода их эксплуатации

Fig. 2. Determination of the total number of machines i -th model in service area of maintenance companies in different years during the exploitation of these machines

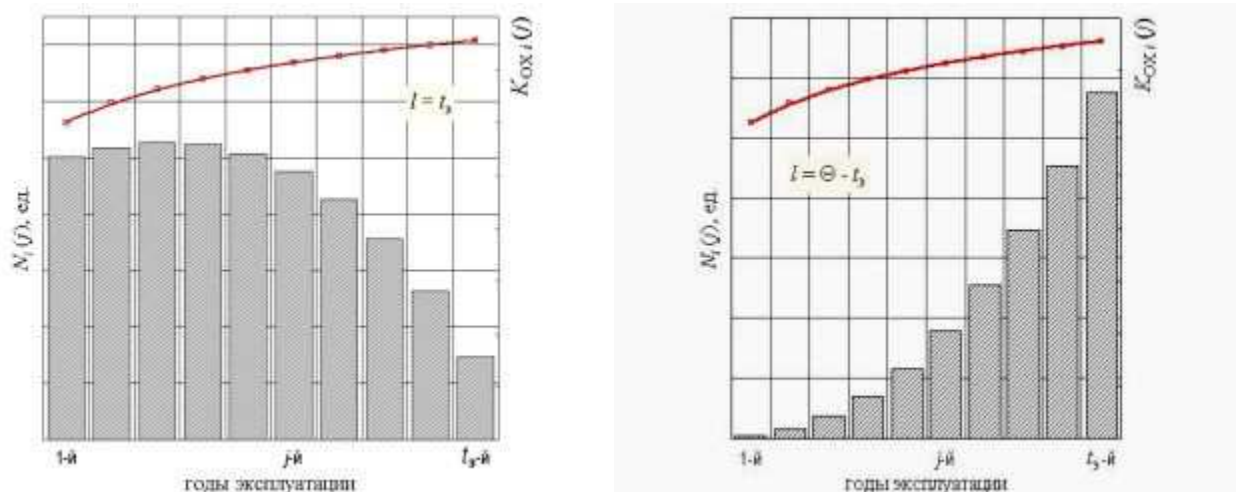


Рис. 3. Распределение суммарного количества машин i -й марки в зоне обслуживания РП по возрасту в разные годы l от начала периода поступлений

Fig. 3. Distribution by the age of the total number of i -th model machines in service area of repair facility in different years l from the start of the revenue period

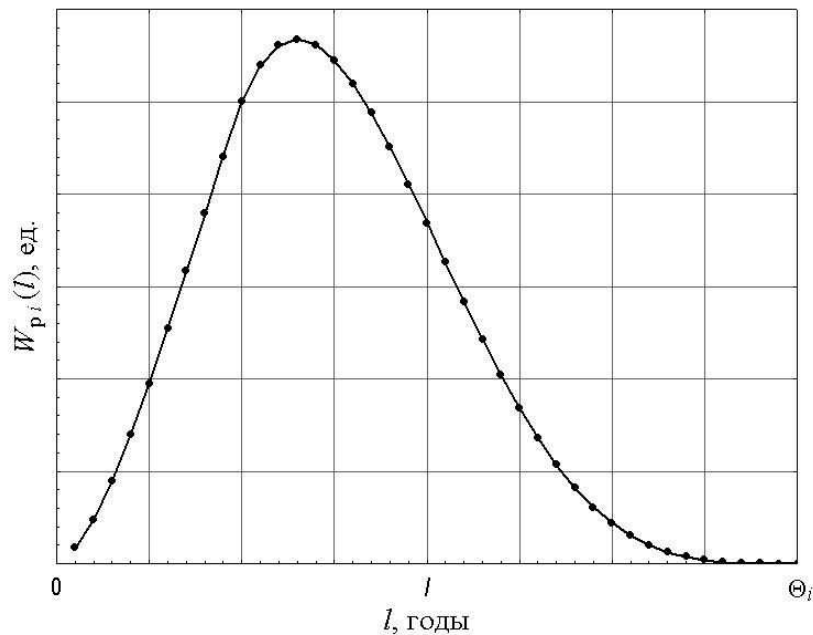


Рис. 4. Модель изменения годовой программы ремонта машин i -й марки для всего периода их эксплуатации

Fig. 4. Model of change of the annual program of repair of machines i -th model for the entire period of their exploitation

ВЫВОДЫ

1. Приемлемую точность прогнозирования значений программ ремонта можно получить лишь на основании модели поступления машин в зону обслуживания РП, а также значений продолжительность периодов поступлений $T_{П,i}$ и эксплуатации машин до списания $T_{Э,i}$, которые определяются заводом-производителем. 2 Повышение точности прогнозирования годовых программ ремонта предполагает учет изменения значений коэффициента охвата ремонтом для машин разного возраста, которые определяются их надежностью. 3. Использование моделей поступления машин в зону обслуживания РП на основании несимметрических распределений, в частности β -распределения, дает возможность более точно описывать различную динамику насыщения техникой зоны обслуживания РП. 3. Проектирование РП на основании одного оптимального (в определенном смысле) значения программы ремонта неизбежно приводит к существенным ошибкам, которые снижают эффективность ремонта, поскольку в результате объективных закономерностей насыщения территорий техникой ее количество в зоне обслуживания РП в

в различные годы периода эксплуатации машин может отличаться в десятки раз. Как следствие, годовая программа ремонта за период эксплуатации ТЛ или участков, а также за амортизационный период РТО также подвержена существенным изменениям, которые необходимо учитывать на этапе проектирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Bogucki M. 2009. Optymizacja doswiadczalna. Wariant jednokryterialny / M. Bogucki // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 11. 22 – 30.
2. Cherepanov S.S. 1985. Kompleksnaya sistema technicheskogo obsluzhivaniya i remonta mashyn v sel'skom khozyajstve – M. : GOSNITI, – 143.
3. Kanarchuk V.E. 2001. Optymizatsiya procesiv organizatsii remontu i technichnogo obsluzhuvannja avtomobiliv v kompleksnomu avto pidpnyemstvi / Avtoshljakhovyk Ukrainy. Okremyj vypusk №4. Visnyk central'nogo naukovogo centru Transportnoi akademii Ukrainy, – 8 – 9.
4. Karagodin V.I. 1997. Formirovanie i teoreticheskoe obosnovanie osnovnykh napravlenij effektivnogo razvitiya sistemy firmennogo

- ремонта авtomobilej: Dis. d-ra techn. nauk: 05.22.10. – М., – 547.
5. Kazartsev V.I. 1981. Optimal'naja programma spetsializirovannogo remontnogo predpriyatija / *Mechanizatsiya i elektrifikatsiya sotsialisticheskogo sel'skogo khozyajstva*. – № 4. 20 – 21.
6. Kompleksnaja sistema technicheskogo obsluzhivaniya i remonta mashin v sel'skom khozyajstve. – М.: GOSNITI, 1985. – 143.
7. Kuz'mins'kyj R.D. 2008. Model prognozuvannja dynamiky zminy programy remontnykh pidpryjemstv / *Visnyk Lvivs'kogo nats. agrarnogo un-tu: Agroinzhenerni doslidzhennya*. – № 12. – Т.1. – Lviv, 45 – 51.
8. Kuz'mins'kyj R. 2012. Obgruntuvannya richnoi programy remontu agregativ za rezul'taty strukturnoi, parametrychnoi ta funktsional'noi optymizatsii technologichnykh procesiv / *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 14. No. 4. 54 – 63.*
9. Levitskij I.S. 1977. Organizatsija remonta i proektirovanie sel'skokhozyajstvennykh remontnykh predpriyatij – М. : Kolos. – 240.
10. Malyshev G.A. 1977. *Theoriya avto-remontnogo proizvodstva / М. : Transport. – 224.*
11. Masino M.A. 1981. *Organizatsiya vosstanovleniya avtomobil'nyh detalej / М. : Transport. – 176.*
12. Metodicheskije ukazaniya po opredeleniju ob'emov i optimal'nykh programm vosstanovleniya detalej na remontnykh predpriyatiyakh «Sojuzsel'khoztehniki». – М. : ONTI GOSNITI. 1972.
13. Molokov V.M. 1979. *Organizatsiya vosstanovleniya detalej mashin v sel'skom khozyajstve / М. : Kolos. – 192.*
14. Rasskazov M.Y. 1990. *Organizatsiya remontnogo proizvodstva agroproma / М. : Rossel'khozizdat. – 208.*
15. Rekomendatsii po opredeleniju ob'emov remonta agregativ i uzlov traktorov, zernoborochnykh kombajnov i gruzovykh avtomobilej. – М. : GOSNITI, 1981. – 60.
16. Rukovodstvo po nauchno-technicheskomu prognozirovaniju : Perevod s angl. / Pod red. L.M. Gromova. – М. : Izd-vo «Progress», 1977. – 350.
17. Sahal D. 1985. *Technicheskij progress: konceptsii, modeli, otsenki / М.: Finansy i statistika. – 366.*
18. Sydorhuk O.V. *Zakonomirnosti kil'kisnykh i yakisnykh zmin nadhodzhen' zamovlen' na remont agregativ / Techniko-technologichni aspekty rozvytku ta vyprobuvannya novoi techniky i tehnologij dlya sil's'kogo gospodarstva Ukrainy: Zb. nauk. pr. (UkrNDIPVT im. L. Pogorilogo). – Vyp. 10 (24), kn. 1. – 69 – 76.*
19. Tylicki H. 2003. *Optymizatsija procesu rozpoznawania sytanu technicznegi pojazdow / MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 5. 215 – 222.*
20. Volovik E.L. 1980. *Metodicheskie rekomendatsii po organizatsii i technologii vosstanovleniya detalej / М. : Rossel'khozizdat. – 51.*

IMPROVING THE MODEL FOR PREDICTING PROGRAMS OF MACHINE REPAIR, THEIR PARTS AND UNITS USING ASYMMETRIC DISTRIBUTIONS.

Summary. An improved method of predicting changes over time in the program of repair machines, their parts and units, which increases the precision of accounting changes in the level of saturation technique of different brands and models in service area of maintenance companies, as well as reducing its reliability during the operation period are presented.

Key words: repair enterprises, program of repair, forecasting, non-symmetric distribution.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ Д-65Н НА ДИЗЕЛЬНОМ БИОТОПЛИВЕ

Вячеслав Чуба, Геннадий Голуб

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

г. Киев, ул. Героев Оборона 15

Vyacheslav Chuba, Gennadii Golub

National university of life and environmental sciences of Ukraine

Аннотация. Приведены результаты определения эксплуатационных и экологических показателей дизельного двигателя Д-65Н трактора ЮМЗ-6 АКЛ при работе на дизельном топливе, дизельном биотопливе на основе метиловых эфиров жирных кислот рапсового масла без нагрева и с применением нагрева топлива перед впрыском в цилиндры двигателя.

Ключевые слова: экологические показатели, дизельный двигатель, дизельное топливо, дизельное биотопливо, нагрев топлива.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Рост энергетических потребностей производства и уменьшение запасов минеральных топлив, побуждают к поиску альтернатив, а поэтому все большее применение получают моторные топлива, полученные из биологического сырья. Украина может обеспечить свои потребности за счет собственной нефти на 10-12 %, а за счет природного газа на треть, что создает угрозу энергетической безопасности страны.

Анализ прибыли от реализации рапса и пшеницы свидетельствует, что в 2000 году необходимо было вырастить и реализовать 27,5 т рапса или 14 т пшеницы для покупки 1 т дизельного топлива, в 2003 году – 4,9 т рапса или 9 т пшеницы, в 2005 году – 13,8 т рапса или 204 т пшеницы, в 2011 году – 14,1 т рапса или 54 т пшеницы [1]. В связи с этим, внедрение в сельскохозяйственном производстве технологий с использованием возобновляемых топлив, которые производятся из собственного сырья является одним из направлений обеспечения не только продовольственной безопасности страны, но и во многом может влиять на собственную энергетическую автономность, а также может создать конкуренцию на рынке нефтепродуктов, реализуемых в аграрном секторе.

При использовании топлив нефтяного

происхождения мы принудительно вносим в атмосферу соответствующее дополнительное количество парниковых и канцерогенных веществ, чем отрицательно влияем на окружающую среду, в противоположность применению растительного биотоплива, когда баланс парниковых газов остается неизменным.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В настоящее время получены положительные результаты использования масел на основе рапса, подсолнечника, сои, арахиса, плодов пальм, хлопка и других масличных культур и биотоплива на их основе, в качестве моторного топлива [2].

В мае 2003 года была утверждена Директива ЕС 2003/30 "О развитии биотоплива в странах содружества". Согласно этой Директиве все страны-члены ЕС до 2005 года должны были увеличить использование биотоплива для дизелей до 2% от общего количества потребляемого топлива, а к 2010 году довести его использования до 5,75 %. Этот законодательный акт был обусловлен продвижением ЕС до улучшения экологических стандартов. Для выполнения этой Директивы Правительства стран-членов ЕС разработали собственные мероприятия по наращиванию производства дизельного биотоплива. Так, например Франция, отвела 70 % своих земель государственного резерва под культуры для производства биологического топлива и создала с этой целью 27 000 новых рабочих мест [3].

Дизельное биотопливо по сравнению с топливом, которое получено из нефти, имеет ряд преимуществ: не содержит серы, при попадании в почву за 7 суток разлагается почти на 95 %, тогда как нефтяное топливо лишь на 16 % за этот же период [4].

Одним из главных недостатков дизель-

ного биотоплива, полученного путем этерификации растительных масел, является отличие физико-химических свойств по сравнению с дизельным топливом, в первую очередь это касается большей вязкости и меньшей низшей теплоты сгорания дизельного биотоплива. Высокая вязкость приводит к ухудшению распыления топлива (увеличивается дисперсность распыла топлива, длина факела впрыска и уменьшается угол его раскрытия), что приводит к ухудшению смесеобразования и, как следствие, происходит уменьшение полноты сгорания топлива и увеличение интенсивности образования нагара на деталях цилиндропоршневой группы двигателя [5]. Меньшая теплотворная способность топлива приводит к ухудшению технико-эксплуатационных показателей, а именно увеличения часового и удельного расхода топлива [6, 7].

В исследовании Звонова В.А., Козлова А.В., Теренченко А.С. [8] отмечено уменьшение выбросов СО на 41 % и 3 %, C_nH_m на 86 % и 75 % и рост концентрации NO_x на 21 % и 10 % при использовании дизельного биотоплива на основе соевого и подсолнечного масел в вихрекамерном (предкамерном) дизельном двигателе 2Ч 8 5/11. Авторами отмечено увеличение удельного расхода топлива на 7,2 % по сравнению с дизельным топливом, при меньшей на 13 % низшей теплоте сгорания подсолнечного биотоплива. В.Г. Семенов [9] для дизельных двигателей с вихревой камерой и непосредственным впрыском отмечает снижение соответственно СО на 12 и 10 %, C_nH_m на 35 и 10 %, твердых частиц на 36 и 24 %, сажи на 50 и 52 % и незначительное увеличение выбросов NO_x .

В исследованиях работы дизельного двигателя на метиловом эфире рапсового масла, выполненных И.В. Парсадановым [10], отмечено снижение дымности на 8-11 % и массового выброса твердых частиц на 42 %, увеличение расхода топлива до 10 %, в то же время концентрация выбросов СО и NO_x менялась незначительно.

Войтов В.А., Карнаух Н.В., Даценко М.С. [11] отмечают, что в сравнении с работой двигателя СМД-14 на дизельном топливе, при использовании дизельного биотоплива происходит значительное уменьшение вред-

ных выбросов СО (на 30-40 %), а также отмечено как увеличение так и уменьшение содержания NO_x в зависимости от оборотов и загрузки двигателя. Зафиксировано уменьшение эффективной мощности двигателя на 12 % при одновременном увеличении удельного расхода топлива до 17 %.

Попов Д.В. Линник И.И. [12] при исследовании работы двигателя Д-243 на рапсовом метиловом эфире отмечают существенное увеличение часового и удельного расхода топлива а также концентрации оксидов азота NO_x в отработанных газах.

Таким образом, анализ литературных источников свидетельствует, что на сегодня вопрос влияния дизельного биотоплива на эксплуатационные и экологические показатели требует дополнительного исследования, в том числе для тракторных дизельных двигателей которые широко используются при выполнении полевых работ.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Определить экологические и эксплуатационные показатели двигателя Д-65Н при его работе на дизельном нефтяном топливе, дизельном биотопливе и дизельном биотопливе с нагревом перед впрыском в цилиндры двигателя до температуры от 115 до 120 °С.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Сжигание топлива в дизельном двигателе внутреннего сгорания состоит из впрыска топлива в цилиндр, смесеобразования, процесса задержки воспламенения, непосредственно горения топлива в цилиндре и удаления выхлопных газов. Все эти процессы тесно связаны между собой и зависят от совершенства процесса смесеобразования в двигателе и физико-химических свойств топлива.

Согласно общепринятой теории сгорания топлива [13, 14, 15], топливо в дизельных двигателях сгорает в результате протекания сложных процессов кинетического и диффузионного горения. Распыление топлива, как импульсной неоднородной струи в условиях дизеля, представляет собой сложный процесс, который характеризуется нестационарностью, сложной динамикой развития факела топлива и отдельных его капель, неодинаковой структурой факела по длине и сече-

нию, наличием капель топлива разного диаметра, которые находятся в цилиндре в разные периоды времени, со значительной температурно-концентрационной неоднородностью в зоне топливного факела [16].

При впрыске топлива с большей плотностью и вязкостью уменьшается угол распыления, увеличивается диаметр капель и дальность распространения факела распыления, что приводит к ухудшению смесеобразования в цилиндре и, как следствие, увеличивается время задержки самовоспламенения (которое для оптимизации сгорания необходимо уменьшать), уменьшается время и полнота сгорания топлива в цилиндре, ухудшаются экономические и экологические характеристики работы двигателя.

При применении нагрева, происходит снижение вязкости впрыскиваемого топлива, как следствие происходит улучшение характеристик впрыска (увеличивается угол распыла топлива, уменьшается дальноточность факела, уменьшается диаметр капель распыла [17, 18], что приводит к улучшению полноты распыления и сгорания топлива.

Для исследования влияния температуры нагрева дизельного биотоплива на эксплуатационные и экологические показатели работы дизельного двигателя Д-65Н, нами выполнена модернизация системы питания двигателя в соответствии с патентом [19]. Температура нагрева дизельного топлива поддерживалась в пределах от 115 до 120 °С, согласно проведенным ранее исследованиям [19, 20].

Исследования по определению экологических и эксплуатационных показателей проведены с использованием двигателя Д-65Н трактора ЮМЗ-6 АКЛ и обкаточно-тормозного стенда КИ-5543-ГОСНИТИ. В результате проведенных экспериментальных испытаний получены регуляторные характеристики работы двигателя при использовании дизельного топлива, дизельного биотоплива без нагрева и дизельного биотоплива с нагревом и получены значения показателей выбросов угарного газа (СО), углеводородных соединений (C_nH_m) и окислов азота (NO_x) на соответствующих режимах регуляторных характеристик, которые фиксировались с помощью газоанализатора 325 ФА 02-01.

Полученные значения удельного расхода топлива (рис. 1), величины выбросов СО

(рис. 2), C_nH_m (рис. 3) и NO_x (рис. 4), дали возможность оценить влияние температуры нагрева на процесс сгорания дизельного биотоплива в сравнении с дизельным топливом нефтяного происхождения.

Анализ полученных эксплуатационных характеристик показывает, что двигатель на дизельном биотопливе развивает почти такую же мощность что и на обычном топливе, однако имеет худшие показатели удельного расхода топлива (рис. 1). При работе на дизельном топливе двигатель развил мощность 46,31 кВт при частоте вращения коленчатого вала 1771 об/мин. и удельном расходе топлива 248 г/кВт ч, что соответствует ТУ 23.1.120-78. На дизельном биотопливе без подогрева мощность составила 46,13 кВт при 1764 об/мин. и удельном расходе топлива 297 г/кВт ч, на дизельном биотопливе с подогревом мощность составила 45,99 кВт при 1759 об/мин. и удельном расходе топлива 280 г/кВт ч, что соответственно на 19,75 % и 12,9 % больше, чем расход топлива при работе на дизельном топливе. Увеличение расхода дизельного биотоплива без его подогрева связано с меньшей теплотой сгорания. Несколько улучшает ситуацию применения нагрева дизельного биотоплива перед впрыском в цилиндр, уменьшается перерасход топлива на величину от 3 до 10 % в зависимости от нагрузки двигателя.

В дизельных двигателях СО образуется в локальных зонах с богатой смесью В дальнейшем угарный газ доокисляется в углекислый газ (CO_2) в процессе расширения, поскольку в цилиндре всегда есть в избытке кислород.

Анализ показателей выбросов угарного газа (рис. 2) показывает, что при загрузке в пределах 10 кВт удельные выбросы СО почти одинаковы и составляют на дизельном топливе 21,16 г/кВт ч, на дизельном биотопливе без нагрева 21,72 г/кВт ч, а с нагревом – 22,92 г/кВт ч. При увеличении нагрузки до 20 кВт происходит уменьшение значений удельных выбросов для дизельного топлива почти в два раза и в три – для дизельного биотоплива. В интервале нагрузок от 20 до 30 кВт удельные выбросы СО для дизельного топлива остаются почти неизменными и достигают своего минимального значения около 10 г/кВт ч.

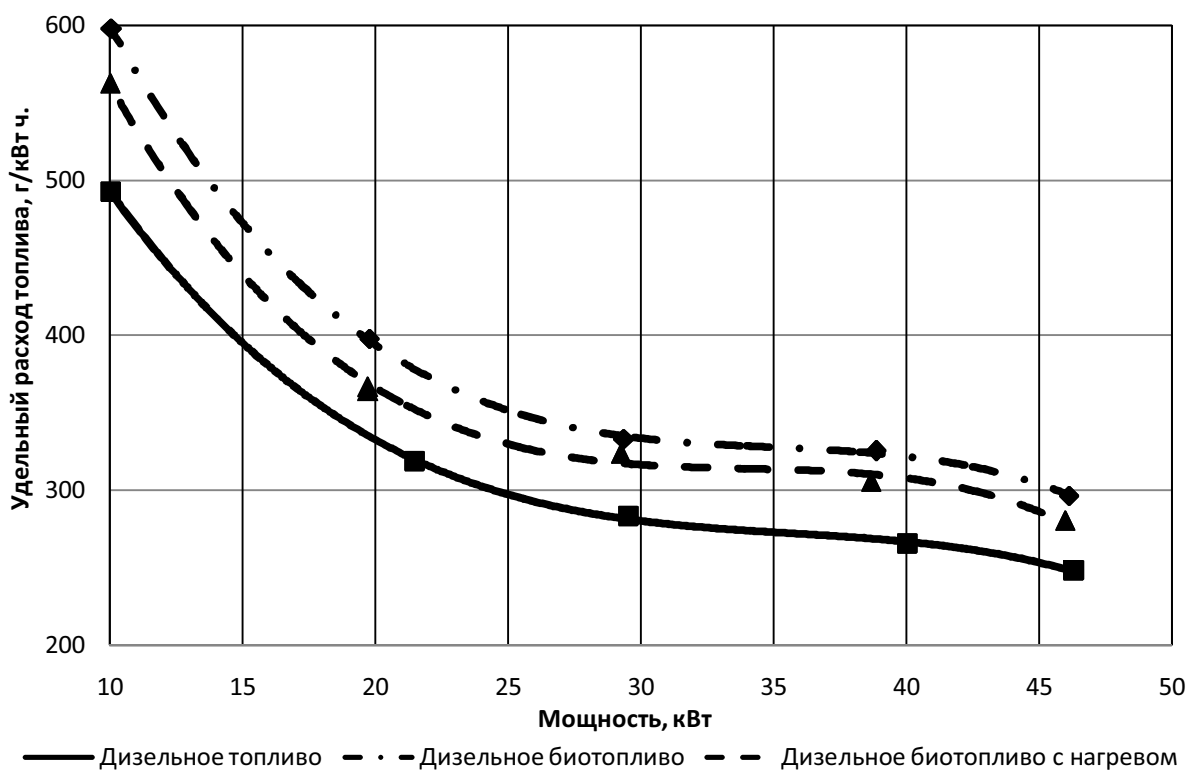


Рис. 1. Изменение удельного расхода топлива от нагрузки двигателя
Fig. 1. Changing of specific fuel consumption in depending of motor load

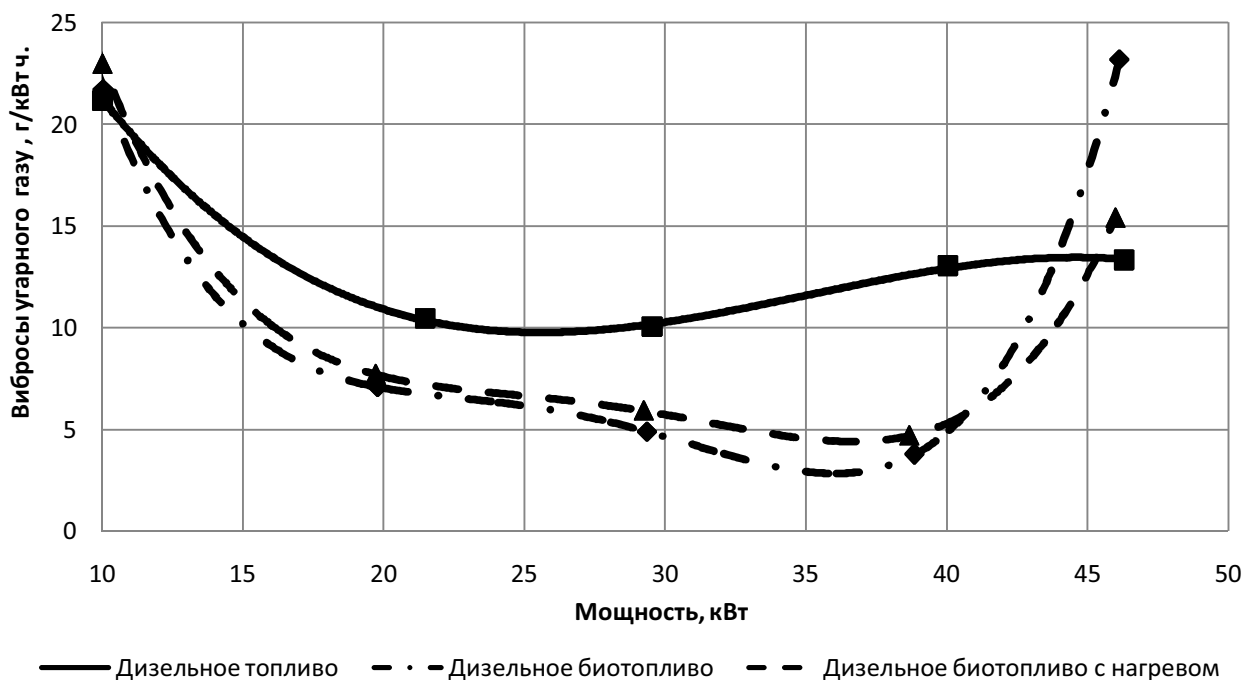


Рис. 2. Изменение удельных выбросов угарного газа от нагрузки двигателя
Fig. 2. Changing specific emissions of carbon monoxide in depending of motor load

С дальнейшим ростом нагрузки происходит постепенное увеличение показателя выбросов в 13,33 г/кВт ч. при максимальной на-

грузке. При работе на биотопливе, с увеличением нагрузки, удельные выбросы CO постепенно снижаются и достигают своего ми-

нимального значения 3,80 г/кВт ч на биотопливе без подогрева и 4,72 г/кВт ч на биотопливе с подогревом при загрузке близком к 39 кВт. При максимальной нагрузке двигателя происходит резкое увеличение значений удельных выбросов CO до значения 23,17 г/кВт ч при работе на дизельном биотопливе без подогрева и 15,42 г/кВт ч при работе на дизельном биотопливе с нагревом, что превышает на 81,3 % и 15,6 % значения выбросов для дизельного топлива.

Снижение удельных выбросов CO при использовании дизельного биотоплива по сравнению с дизельным топливом почти на всем диапазоне загрузки объясняется наличием в структуре молекулы биотоплива свободного кислорода, что способствует более полному его окислению.

Углеводородные соединения это продукты частичного разложения и неполного окисления топлива.

Анализ характеристик изменения удельных выбросов углеводородных соединений от вида топлива (рис. 3) показывает, что характер изменения значений выбросов в диапазоне от 10 до 40 кВт почти одинаковый. Причем с ростом нагрузки происходит уменьшение удельных значений выбросов углеводородных соединений. Следует отметить что значение удельных выбросов C_nH_m для дизельного биотоплива без подогрева

несколько ниже чем у дизельного топлива. При максимальной нагрузке наблюдается резкое увеличение удельных выбросов углеводородов для дизельного биотоплива без подогрева, которые в 2 раза превышает значение выбросов при работе на дизельном топливе.

Резкий рост показателей удельных выбросов вредных соединений CO и C_nH_m дизельного двигателя на максимальной мощности при работе на дизельном биотопливе без подогрева по сравнению со значениями для дизельного топлива, связано с недостаточным качеством распыления и смесеобразования (капли топлива при распыле больше чем у дизельного топлива, из за высокого значение вязкости), что на фоне максимальной цикловой подачи топлива приводит к увеличению количества зон с недостаточным количеством кислорода вокруг капель топлива, где молекулы биотоплива имея большую молекулярную цепочку не успевают пройти полную деструкцию и окисление, как следствие происходит ухудшение полноты сгорания топлива и рост вредных выбросов угарного газа и углеводородов.

Анализ зависимостей приведенных на рис. 2 и 3 также показал, что значение удельных выбросов CO и C_nH_m для дизельного

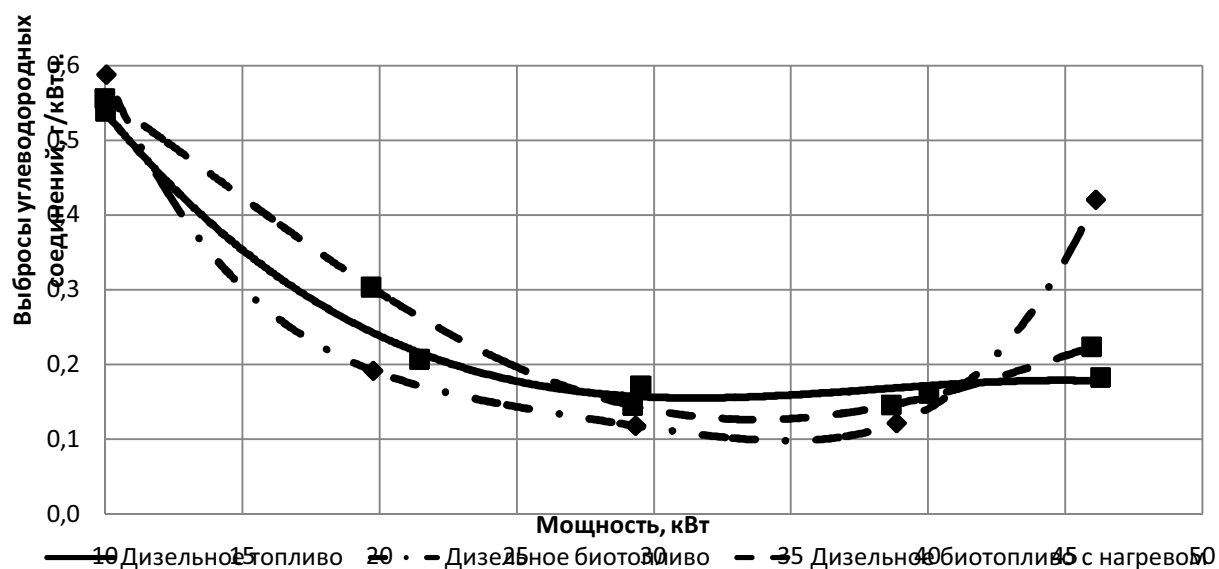


Рис. 3. Изменение удельных выбросов углеводородных соединений от нагрузки двигателя

Fig. 3. Changing specific emissions of hydrocarbon compounds in depending of motor load

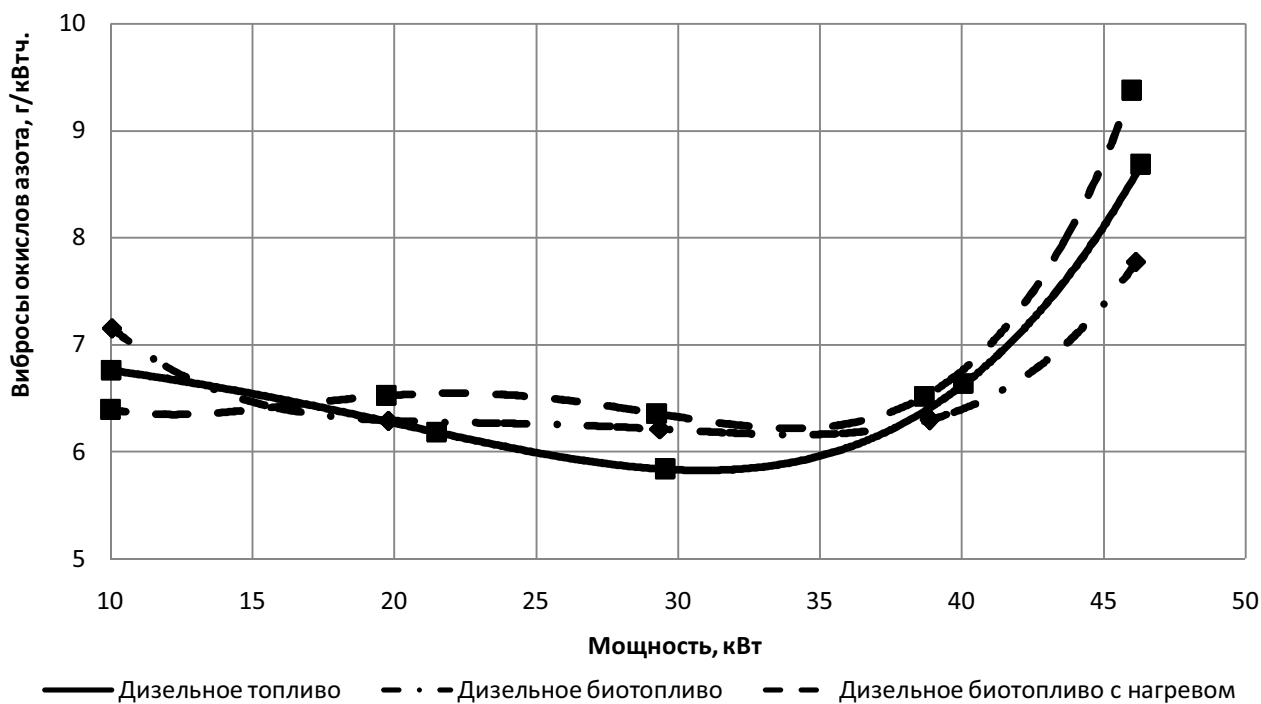


Рис. 4. Изменение удельных выбросов окислов азота от нагрузки двигателя
 Fig. 4. Changing specific emissions of nitrogen oxides in depending of motor load

биотоплива с применением нагрева почти на всем интервале нагрузки несколько выше, чем у дизельного биотоплива без подогрева. При нагреве дизельного биотоплива происходит улучшение распыления и смесеобразования, в результате чего увеличивается полнота сгорания хвостовой части топлива состоящей из высокомолекулярных углеводов, что приводит к увеличению количества вредных выбросов и снижению удельного расхода топлива (рис. 1) при применении нагрева. Особенно это ощутимо при максимальной нагрузке двигателя, когда в цилиндре складываются неблагоприятные условия для полного сгорания топлива. Удельные выбросы CO и C_nH_m на этом режиме для дизельного топлива без подогрева на 50 % и 90 %, соответственно, превысили показатели дизельного биотоплива с нагревом.

Анализ полученных экспериментальных зависимостей (рис. 4) показал, что удельные значения выбросов окислов азота меняются почти идентично с изменением нагрузки и незначительно отличаются для исследуемых видов топлива. При максимальной мощности показатель удельных выбросов NO_x для дизельного биотоплива с подогревом превысил на 7,7 % и 17 % значения выбросов для ди-

зельного топлива и биотоплива без подогрева.

Большее значение удельных выбросов окислов азота, для дизельного биотоплива с подогревом, связано с увеличением температуры локальных зон сгорания топлива за счет увеличения полноты его сгорания, что в свою очередь интенсифицирует образование NO_x.

ВЫВОДЫ

При использовании дизельного биотоплива на основе растительного масла происходит увеличение расхода по сравнению с нефтяным топливом, удельные выбросы угарного газа уменьшаются. При загрузке двигателя в пределах от 30 до 40 кВт удельные выбросы угарного газа в два раза меньше, чем у дизельного топлива. Выбросы углеводородных соединений и окислов азота имеют идентичный характер изменений и существенно не отличаются друг от друга для исследуемых видов топлива. Существенное отличие от общего изменения вредных выбросов наблюдается при максимальной нагрузке двигателя, из-за возникновения неблагоприятных условий для смесеобразования и сгорания, но данный режим работы не является характерным, учитывая рабочую

нагрузку дизельных двигателей тракторов при выполнении технологических операций в сельскохозяйственном производстве.

Применение нагрева дизельного биотоплива до температуры в пределах от 115 до 120 °С, улучшает распыление, смесеобразование и полноту сгорания топлива, в результате чего уменьшается расход топлива, при несущественном увеличении показателей вредных выбросов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Golub G.A., Lukyanez S.V. 2013. Investiciyna privablyvist vyrobnyztva i vykorystannya diselnogo biopalyva. – *Economika APK*. – № 2. – 54-60.
2. Onion G., Bodo L.D. 1983. Oxygenate fuel for diesel engines: a survey of world-wide activities // *Bio-mass*. – № 2. – 77-133.
3. Kobec M.I. 2004. Stan ta problemy vyrobnyztva ripaku v Ukraini // *Naukoviy visnyk Nacionalnogo agrarnogo universytetu*. – K., - 1987. – Vyp.73. – 354.
4. Kovalskiy V., Golydnykov A., Grygorak M., kosarov A., Kuzmenko V. 2000. Pro pidvychshennya rivnya energetychnoi bezpeky Ukrainy // *Ekonomika Ukrainy*. – №10. – 34-41.
5. Itinskaya P.I., Kuznecov N.A. 1982. Spravochnik po toplyvu, maslam i texnicheskym zydkostyam. – M.: Kolos, – 208.
6. Zaharchuk V., Tkachuk V. 2010. Biodiselnoe toplivo na osnove izopropilovyh ehirov rapsovogo masla // *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 12*. 188–193.
7. Polichuk V., Dubrovin V., Polichuk A. 2012. Alternativnye dislnie topliva // *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 14*. 20-31.
8. Zvonov V.A. Kozlov A.V, 2008 Issledovanie ehektivnoe priminenie v diselnih dvigatelyah toplivnyh smesey i biotopliv // *Rossiyskiy himicheskii zurnal*. - №6.- 47-151.
9. V. Semenov. 2007 Biodiselnoe palyvo dlya Ukraini // *Visn. Nan Ukrainy*, , № 4. – 18-21.
10. Parsadinov I.V. 2005. Resultaty issledovaniy pokazateley toplivnoy ekonomichnosti i tosicnosti otrabotavchih gazov diselya pry rabote na rapsovometilovom ehire // *Vestnik nauki i tehniki*. – HNTU (HPI). – Vyp.1.–21-26.
11. Voytov V.A., Karnauh M.V., Dazenko M.S. 2009. Tehniko-eksploataziyni ta ekodogichni pokaznyky diselnih dviguniv pry zastosuvanni biodiselya // *Tehnika i tehnologii APK*. – № 1. – 13-18.
12. Popov D. V., Linnik I. I. 2011. Pokrachennya ekodogichnih pokaznykiv diselnih dviguniv // *Visnik donezkoii akademii avtomobilnogo transportu*. – №4. – 79-82.
13. Razleycev N.H. 1980. Modelirovanie i optimizatsiya prozsesa sgoraniya v diselyah. – Harkov: Vishcha sh. Izd-vo pry Hark. un-te. – 169.
14. Sviridov U.B. 1972. Smeseobrazovanie i zgoranya v diselyah. – L.: Mashinostroenie. – 224.
15. D. N. Virubov, N. A. Ivashchenko, V. I Ivin i dr. 1983. Uchebnik dlya vtuzov po spezialnosti «Dvigately vnutrennego sgoraniya»; Pod red. A. S. Orlina, M. G. Kruglova. – 4-e izd., pererab. i dop. – M.: Mashinostroenie. – 372.
16. Dviguny vnutrishnogo zgorannya: Serya pidruchnykiv u 6 tomah. T.5. Ekologizatsiya DVZ. – Pidruchnik dlya studentiv VNZ, sho navchautsya za napryamom “Ingenerna mehanika” / Za redakcieu proh. A.P. Marchenka, zasl. Diyacha nauky Ukrainy proh. A.H. Shehovcova – harkiv: Vidavnicхий zentr NTU “HPI”, 2004. – 360.
17. Puchkov N.G. 1953. Diselnie topliva // Gosudarstvennoe nauchno-rehnicheskoe izdatelstvo nehtyanoy i gorno-toplivnoy literatury. – Moskva-Leningrad. – 194.
18. Astahov V.I. Diselestroenie №2, 1937. patent na korisnu model № 21673 Ukraina, MPK (2006), P02M 31/02. Sposib temperaturnoi pidgotovky palnogo na dvigunah / – Zayav. 13.11.2006, № u200611918; Opubl. 15.03.2007, Bul. № 3.
19. Golub G.A., Chuba V.V., Pavlenko M.U. 2012. Napryamky udoskonalennya virobnyztva i vikorystannya diselnogo biopaliva // zbirnyk naukovykh praz Vinnyzkogo dergavnogo agrarnogo universitetu. – Vinnyza. – Vypusk 10 t.1. – 20-23.
20. Golub G.A., Chuba V.V., Ivanichuk V.V. 2012. Vykorystannya diselnogo biopaliva dlya roboty mashino-traktornykh agregativ // Zbirnyk tez mignarodnoi naukovopraktychnoi konherenzii "Rozvytok agrarnoi nauky u suchasnykh umovah". – Lviv. – 5-9.

**OPERATIONAL AND ENVIRONMENTAL
PERFORMANCE OF THE ENGINE D-65N
ON DIESEL BIOFUEL**

Summary. The results of determination of operational and environmental performance of diesel engine Д-65Н of tractor ПМЗ-6 АКЛ

when running on diesel fuel, biodiesel from fatty acid methyl esters of rapeseed oil without heat and using heating fuel before injection into the engine cylinder are given.

Key words: environmental performance, diesel motor, diesel fuel, biodiesel, heating fuel.

СОГЛАСОВАНИЕ СОСТАВЛЯЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ПОСЕВА ОЗИМЫХ КУЛЬТУР

¹Александр Сидорчук, ¹Игорь Ивасюк, ¹Владимир Украинаец, ²Павел Луб

¹ННЦ «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства»

²Львовский национальный аграрный университет

смт. Глеваха, Васильковский р-н, Киевська обл.

¹Oleksandr Sydorчук, ¹Igor Ivasyuk, ¹Volodymyr Ukranec', ²Pavlo Lub

¹National scientific center "Institute of mechanization and electrification of agriculture"

²Lviv national agrarian university

Аннотация. Отмечена необходимость учета стохастического влияния агрометеорологической составляющей технологической системы обработки почвы и посева озимых культур на показатели эффективности ее функционирования и, в частности, параметры технологических комплексов машин. Обобщенно методику исследования почвообрабатывающе-посевных процессов на основании методов статистического имитационного моделирования. Представлены результаты согласования составляющих технологической системы для стоимостного критерия эффективности.

Ключевые слова: обработка почвы, посев, озимые культуры, агрометеорологические условия, риск эффективности, моделирование, механизированные процессы, технологическая система, согласование составляющих, эффективность.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Сельскохозяйственные предприятия (СХП) Украины, которые выращивают озимые культуры, ежегодно рискуют получить значительные потери будущего урожая в результате несвоевременности выполнения технологических операций по обработке почвы и посева (ОПП), а также неблагоприятного действия агрометеорологических условий осеннего и зимнего периодов [1,5]. Учитывая неуправляемость последних основное внимание, относительно снижения потерь урожая, следует уделить своевременности соответствующих механизированных процессов. Одним из основных путей решения этого задания есть согласование таких составляющих технологической системы (ТС), как характеристики производственной программы озимых культур и параметры технологических комплексов почвообрабатывающе-

посевных машин (ТКПП) с учетом переменчивого влияния агрометеорологических условий летне-осеннего периода на сроки выполнения этих процессов.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Анализ научно-методических положений относительно обоснования параметров парка машин в полеводстве свидетельствует о том [3,9,12], что их использование для оценки эффективности ТКПП является ограниченным и нуждается в доработке. Это предопределено тем, что они не учитывают зависимость функциональных показателей почвообрабатывающе-посевных процессов от объективного влияния агрометеорологических условий на сроки начала, длительности и завершения соответствующих процессов. Поэтому непосредственное их использование для согласования составляющих ТС ОПП может привести к ошибочным инженерным решениям.

ПОСТАНОВКА ЗАДАНИЯ

Цель исследования повысить эффективность процессов обработки почвы и посева озимых культур на основании системного согласования характеристик производственной программы озимых культур с параметрами ТКПП с учетом стохастического влияния агрометеорологических условий на сроки выполнения этих процессов.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Системный анализ производственной системы выращивания озимых культур убеждает в том [8], что она состоит из множества подсистем: 1) снабжения; 2) технологической; 3) транспортной; 4) обслуживающей; 5) переработки и хранения продукции; 6) про-

даже продукции; 7) управленческой. Не углубляясь в сущность этих подсистем, отметим что каждая из них имеет свои функции, подчиненность и ограничение.

Относительно ТС ОПП то она выполняет работы, которые непосредственно связаны с превращением начальных материалов в конечные продукты. В ТС выполняются механизированные процессы ОПП, процессы ухода за растениями и процессы уборки урожая, которые направлены на поочередное превращение предмета труда (агрофона полей) из одного качественного состояния в другой с целью достижения конечного результата ее функционирования, - получение урожая растительной продукции.

Рассматривая явление качественного превращения агрофона поля как предмета труда процессов ОПП озимых культур, приходим к выводу о наличии четкой последовательности, цикличности и взаимной зависимости главных технологических операций, что выполняются в пределах этой подсистемы. В частности, результаты выполнения отдельной операции формируют начальные условия для выполнения следующей и так далее. Общим признаком этих работ является то, что реализация каждой из них происходит по определенным этапам. Характеристики времени наступления этих этапов и использования технологического комплекса соответствующих машинных агрегатов, происходит при условии возникновения специфических событий в ТС. Для процессов ОПП, такие события значительной мерой предопределены влиянием агрометеорологических условий на состояние агрофона поля, а следовательно и на характеристики почвообрабатывающе-посевных процессов летне-осеннего периода.

Системный анализ причин возникновения этих событий дал возможность выделить такие их группы: 1) базовые (созревание предшественника и начало функционирования ТКПП, начало и завершение погожих и ненастных промежутков, возникновение требования уничтожения сорняков, возникновение требования посева озимой культуры, возникновение потерь урожая культуры в результате несвоевременного посева, возникновение крайних сроков посева озимых культур); 2) производные (возникновение тре-

бования выполнения таких технологических операций как лущение, пахота, сплошная культивация, предпосевное возделывание и посев).

В соответствии с наличием "природной" составляющей (агрометеоумов [7] и агрофона полей СГП [10]) и ее влияния на исполнение упомянутых процессов во времени исследования показателей эффективности ТКПП необходимо осуществлять с учетом системно-событийных тенденций формирования сроков возникновения требований выполнения соответствующих технологических операций и их очередности. В основу этих научно-методических утверждений положена элементарная ТС "производственная программа - агрометеорологические условия - комплекс машин", которая рассматривается как замкнутая система с соответствующими влияниями, параметрами и характеристиками ее функционирования.

Для раскрытия сущности ее функционирования, а следовательно разработки специфических методов и моделей ее исследования [2,4], реализуется системно-факторный (выделяют группы факторов эффективности, устанавливаются их взаимосвязи, управляемость и т.д.) и системно-событийный подход (выделяют множества базовых и производных событий, работ в ТС, а также раскрываются причинно-следственные взаимосвязи между ними), а следовательно разрабатывается концептуальная модель упомянутой ТС. В концептуальной модели выделяются составляющие и элементы, а также взаимосвязи между ними которые важны для достижения цели исследования (моделирования) [2].

Разработка концептуальной модели сделала возможным определить множество элементов и закономерностей функционирования ТС ОПП проявление которых необходимо отобразить в статистической имитационной модели этих процессов для того, чтобы получить достоверные результаты исследования. Выполнение компьютерных экспериментов с такой моделью даст возможность установить функциональные характеристики ТС в которой используется ТКПП с соответствующими параметрами, а следовательно осуществить их согласование с характеристиками производственной програ-

ммы озимых культур на основании стоимостного критерия.

Руководствуясь этим, разработаны методы и модели отображения объективного влияния предметной и агрометеорологической составляющих ТС на ход почвообрабатывающе-посевных процессов в разрезе летне-осеннего периода. На этом основании разработана статистическая имитационная модель процесса и выполнены компьютерные эксперименты. Это дало возможность оценить функциональные показатели процессов ОПП, установить их закономерности в соответствии с изменением характеристик производственной программы озимых культур и постоянных параметров ТКПП, выполнить их стоимостное оценивание и решить оптимизационную задачу относительно поиска таких характеристик производственной программы упомянутых культур при которых стоимостный критерий эффективности (совокупные удельные расходы: удельные эксплуатационные расходы и удельные технологические потери) достигает своего экстремума, а следовательно согласовать характеристики производственной программы озимых культур с параметрами ТКПП.

Компьютерные эксперименты со статистической имитационной моделью почвообрабатывающе-посевных процессов летне-осеннего периода выполнены для ТКПП, который сформирован на базе трактора кл. 3 - ХТЗ-17021, который поочередно работает с сельскохозяйственными машинами (для операции лущения - ХТЗ-17021 + ЛДГ- 15,

$W_{\text{чac}} = 4,43$ га/час; пахоты - ХТЗ-17021 + ПЛН-5-35, $W_{\text{чac}} = 1,10$ га/час; сплошной культивации - ХТЗ-17021 + С-11У + ЗКПС-4ПП, $W_{\text{чac}} = 5,90$ га/час; предпосевной обработки и посева - ХТЗ-17021 + АПП-6, $W_{\text{чac}} = 3,15$ га/час) и выполняет плановую программу работ. Производственная программа озимых культур сформирована в соответствии со структурой посевных площадей современных СГП Дубенського района Ровенской области, Украина : (озимая пшеница – 45,2; озимая рожь – 24,4; озимый рапс – 30,4). Пределы площадей озимых культур для которых выполнялось моделирование почвообрабатывающе-посевных процессов составляли – 10-300 га.

В результате выполнения компьютерных экспериментов и обработка результатов установлено зависимости : 1) вероятности опоздания с почвообрабатывающе-посевными процессами от площади озимых культур в СХП (рис. 1, рис. 2); 2) оценок математического ожидания длительности опоздания с почвообрабатывающе-посевными процессами от площади озимых культур; 3) оценок математического ожидания объемов несвоевременно посеянных площадей от площади озимых культур. На основании последней зависимости и известной методики стоимостного оценивания объемов технологических потерь [9], получены уравнения зависимостей этих потерь для смоделированных почвообрабатывающе-посевных процессов (табл., рис. 3).

Таблица. Уравнение зависимостей стоимостных оценок технологических потерь почвообрабатывающе-посевных процессов от площади озимых культур в СХП
Table. Equalization of cost estimations dependences of soil-tillage and sowing processes technological losses from the area of winter crops

Культура	Уравнение зависимости	Корреляционное отношение
Озимая пшеница	$B_{\text{мл}}^{\text{оп}} = 9 \cdot 10^{-10} \cdot S_o^6 - 9 \cdot 10^{-7} \cdot S_o^5 + 3.58 \cdot 10^{-5} \cdot S_o^4 - 6.8 \cdot 10^{-3} \cdot S_o^3 + 0.6085 \cdot S_o^2 - 21.23 \cdot S_o + 208.3$	0,963
Озимая рожь	$B_{\text{мл}}^{\text{ожс}} = 3.15 \cdot 10^{-11} \cdot S_o^6 + 2.7 \cdot 10^{-8} \cdot S_o^5 - 1 \cdot 10^{-5} \cdot S_o^4 + 2.8 \cdot 10^{-3} \cdot S_o^3 - 0.18635 \cdot S_o^2 + 26.633 \cdot S_o - 238.56$	0,986
Озимый рапс	$B_{\text{мл}}^{\text{оп}} = -2.34 \cdot 10^{-10} \cdot S_o^6 + 3.1 \cdot 10^{-7} \cdot S_o^5 - 1.5 \cdot 10^{-10} \cdot S_o^4 + 0.0351 \cdot S_o^3 - 3.7526 \cdot S_o^2 + 162.75 \cdot S_o - 1828.2$	0,984

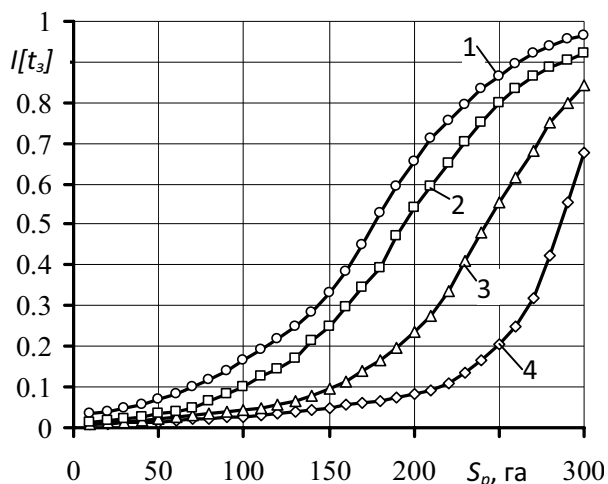


Рис. 1. Зависимость вероятности опоздания почвообрабатывающе-посевных процессов от площади озимых культур: 1 - в технологической системе; 2 - озимая рожь; 3 - озимый рапс; 4 - озимая пшеница

Fig. 1. Dependence of probability with soil-tillage and sowing processes delay from the volumes of winter crops : 1 - in the technological system; 2 - winter rye; 3 - winter rape; 4 - winter wheat

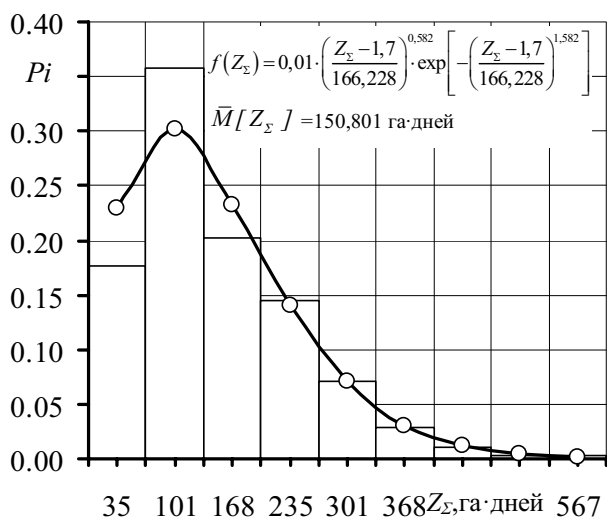


Рис. 2. Распределение суммарного объема невовременно посеянных площадей озимых культур (площадь - 250 га, ТКПП с трактором кл. 3)

Fig. 2. Distribution of total volume of the winter crops areas which are sown too late (area - 250 hectares, machines complex with tractor of class 3)

Анализ этих закономерностей убеждает в весомости научно-прикладной задачи согласования характеристик производственной программы озимых культур с параметрами ТКПП и минимизации технологических потерь почвообрабатывающе-посевных процессов.

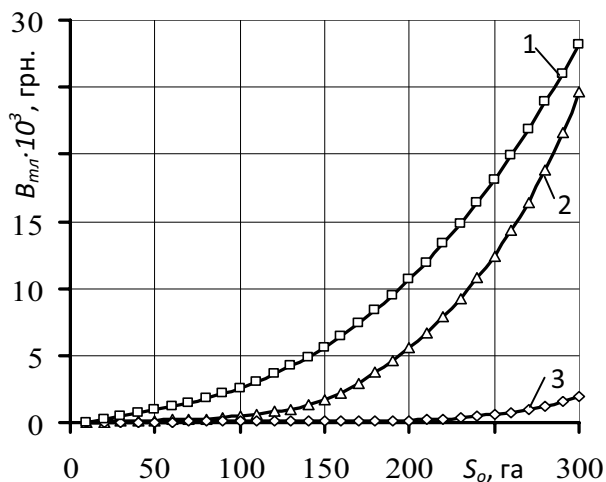


Рис. 3. Закономерность изменения объемов технологических потерь почвообрабатывающе-посевных процессов для ТКПП с неизменными параметрами и переменными площадями озимых культур в СХП: 1 - озимая рожь; 2 - озимый рапс; 3 - озимая пшеница

Fig. 3. Dependence of volumes change of soil-tillage and sowing technological losses for machines complex with unchanging parameters and variable areas of winter crops: 1 - winter rye; 2 - winter rape; 3 - winter wheat

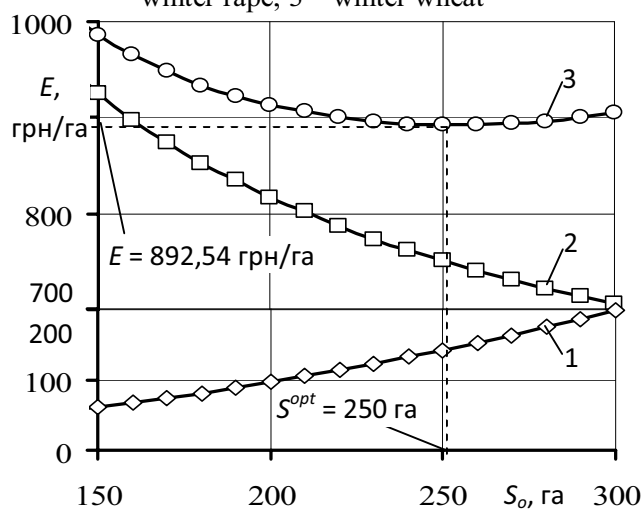


Рис. 4. Согласование характеристик производственной программы озимых культур с параметрами ТКПП (комплекс машин с трактором - ХТЗ-17021): 1 - удельные потери; 2 - удельные эксплуатационные расходы; 3 - удельные совокупные расходы

Fig. 4. Concordance of the productive program of winter crops descriptions with the parameters of machine complex (for three winter crops, machine complex with tractor - ХТЗ-17021): 1 - specific losses; 2 - specific expenses; 3 - specific combined charges

Пользуясь установленными закономерностями изменения функциональных характеристик ТКПП, в частности закономернос-

тью изменения оценок математического ожидания [6] объемов фактически исполненных работ отдельными машинными агрегатами, и известными методами стоимостного оценивания эксплуатационных расходов [11] установлена зависимость их удельных показателей от площади озимых культур.

Сочетая эти показатели с показателями удельных технологических потерь урожая озимых культур (в результате несвоевременного их посева), решена оптимизационная задача по установке минимальных совокупных удельных расходов в почвообрабатывающе-посевных процессах (рис. 4).

Полученные результаты констатируют возможность согласования характеристик производственной программы озимых культур СГП с параметрами ТКПП с учетом влияния агрометеорологической составляющей ТС на основании оценок математического ожидания соответствующих функциональных показателей. Такое согласование составляющих ТС на практике дает возможность обеспечить минимальные совокупные удельные расходы средств почвообрабатывающе-посевных процессов в пределах - 892,54 грн/га, при условии использования сформированного ТКПП (на базе трактора кл. 3) на оптимальной площади озимых культур - 250 га.

При других значениях производственной площади озимых культур совокупные удельные расходы упомянутых механизированных процессов будут больше, что не отвечает критериям согласованности.

Таким образом, полученные результаты компьютерных экспериментов являются важной предпосылкой разработки организационно-технологических рекомендаций относительно повышения эффективности почвообрабатывающе-посевных процессов благодаря согласованию таких составляющих ТС как характеристики производственной программы озимых культур и параметры ТКПП с учетом стохастического влияния агрометеорологических условий летне-осеннего периода на своевременность выполнения соответствующих технологических операций.

ВЫВОДЫ

В результате рассмотрения процессов механизированной обработки почвы и посе-

ва озимых культур установлена значительная зависимость сроков их выполнения от совокупного влияния агрометеорологической и предметной составляющих на протяжении летне-осеннего периода. Учет этих особенностей в методах и моделях системного исследования почвообрабатывающе-посевных процессов даст возможность отобразить системно-событийные особенности функционирования соответствующего комплекса машин, выполнить многократную реализацию статистической имитационной модели и получить репрезентативные выборки показателей относительно своевременности выполнения этих процессов, оценить эксплуатационные расходы и технологические потери, развязать оптимизационную задачу, а следовательно обосновать рекомендации относительно параметров технологических комплексов машин. На основании выполненных компьютерных экспериментов с разработанной статистической имитационной моделью механизированных процессов обработки почвы и посева озимых культур установлен факт того, что применение сформировано на базе трактора кл. 3 технологического комплекса почвообрабатывающе-посевных машин на оптимальной производственной площади - 250 га даст возможность обеспечить минимальные совокупные удельные расходы средств упомянутого процесса на уровне - 892,54 грн/га.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ahrarnyy sektor Ukrayiny [Elektronnyy resurs]. – Rezhym dostupu: <http://agroua.net>.
2. Alyanah I.N. 1988. Modelirovanie vychislitelnyh sistem / L.: Mashinostroenie – 233.
3. Bondar S.M. 2002. Obgruntuvannya ratsional'noho skladu ta efektyvnoho vykorystannya kompleksiv mashyn dlya osnovnoho obrobittu gruntu v umovakh zony Polissya Ukrayiny: avtoref. dys. na zdobuttya nauk. Stupenya kand. tekhn. nauk – Kyiv. – 19.
4. Buslenko N.P. 1978. Modelirovanie slozhnyh sistem – M.: Nauka, – 351.
5. Valova produktsiya sil's'koho hospodarstva Ukrayiny (u postynnykh tsyfrakh 2010 r.): Statystychnyy zbirnyk / Za red. N.S. Vlasenko. –K. : Derzhavna sluzhba statystyky. – 2012. – 48.

6. Gershgorin A.S. 1961. Elementy teorii veroyatnostey i matematicheskoy statistiki : uchebn. pos – Lvov, – 254.
7. Gringof I.I. 1987. Agrometeorologiya. / L.: Gidrometeoizdat, – 310.
8. Druzhinin V. V. Sistemotekhnika 1985. M. : Radio i svyaz, – 200.
9. Kirtbaya Yu.K. 1982. Rezervy v ispolzovanii mashinotraktornogo parka – M.: Kolos. — 320.
10. Lykhochvor V.V., Petrychenko V.F., Ivashchuk P.V., Korniychuk O.V. 2010. Roslynnystvo. Tekhnolohiyi vyroshchuvannya sil's'kohospodars'kykh kul'tur / 3-ye vyd., vyprav. ta dopovn. – L'viv: NFV "Ukrayins'ki tekhnolohiyi", – 1088.
11. Marchenko V. 2003. Metodyka vyznachennya pokaznykiv ekonomichnoyi efektyvnosti vykorystannya kompleksiv mashyn ta mashynno-traktornoho parku / Zbirnyk nauk. pr. NAU : Mekhanizats. s.h. vyr-va. – T.KhIV. – 189-194.
12. Sydoruk O.V., Lub P.M., Ivasyuk I.P. ta in. 2012. Vplyv predmetnykh umov na terminy vykonannya gruntoobrobno-posivnykh robot litn'o-osinn'oho periodu / MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 14. 16-20.
13. Sydoruk O.V. 2005. Metod vyznachennya vtrat vrozhayu sil's'kohospodars'kykh kul'tur vnaslidok nesvoyechasnoho vykonannya mekhanizovanykh protsesiv ril'nystva / Odesa. — Tom.7. – 87-91.
14. Tymochko V. 2011. Orhanizatsiyno-tekhnolohichni zakhody enerhozberezhennya pid chas zbyrannya oliynykh ta zernovykh kul'tur / MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 13D. 22-30.
15. Tryhuba A.M. 2011. Protsesy upravlinnya intehrovanymy proektamy ahrarnoho vyrobnytstva / MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 13D. 37-42.
16. Finn E.A. Optimizatsiya ekspluatatsionnykh sistem selskohozyaystvennoy tehniky: avtoref. dis. na soiskanie uch. stepenya dokt. tehn. nauk –Novosibirsk, 1989. – 40.
17. Flys I. 2011. Scientific and practical aspects of project management for production and re-processing complexes / TEKA / Polish academy of sciences // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 11. 83-91.

CONCORDANCE OF CONSTITUENTS OF TECHNOLOGICAL SYSTEM OF TILL OF SOIL AND SOWING OF WINTER CROPS

Summary. The necessity of stochastic influence reflection of agricultural meteorology terms in the technological system of soil- tillage and winter crops sowing on the efficiency indexes and parameters of technological machines complexes is marked. The research methods of soil-tillage and winter crops sowing processes on the basis of the statistical imitation modeling methods are generalized. The results of constituents concordance of the technological system on the cost efficiency criterion are presented.

Key words: soil-tillage, sowing, winter crops, agricultural meteorology terms, risk of efficiency, modeling, mechanized processes, technological system, concordance of constituents, efficiency.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ОКСИДИРОВАНИЯ НА МИКРОМЕХАНИЧЕСКИЕ И ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВА СИСТЕМЫ Nb-Ti-Al

¹*Христина Васылив, ¹Василий Вынар, ¹Надежда Рацька, ²Петр Панасюк*

¹*Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенко НАН України,*

²*Львівський національний аграрний університет*

г. Львов, ул. Наукова, 5

¹*Chrystyna Vasyliv, ¹Vasyl Vynar, Nadija Ratska, ²Petro Panasyuk*

¹*Karpenko Physico-Mechanical Institute*

²*Lviv National Agrarian University*

Аннотация. Исследовали влияние температуры оксидирования на микро-механические и трибологические свойства сплава системы Nb-Ti-Al. С повышением температуры термообработки от 300 до 900°C увеличиваются внутренние напряжения и микротвердость поверхностных микро/нанообъемов кристаллической решетки и снижается их пластичность. Температура оксидирования 500°C является оптимальной для обеспечения износостойкости сплава. При этой температуре дисперсионное упрочнение сплава создает минимальные внутренние напряжения и обеспечивает достаточную пластичность поверхности.

Ключевые слова: сплав системы Nb-Ti-Al, окисление, наноиндентирование, микро-механические, трибологические свойства.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Сплав системы Nb-Ti-Al благодаря высокой удельной прочности, технологичности, устойчивости к радиоактивному излучению и коррозионной инертности является перспективным материалом для использования в ракетной и космической технике, ядерной энергетике и других отраслях. Его эксплуатация в условиях сложных нагрузок и воздействия агрессивных сред предъявляет повышенные требования к физико-химическим свойствам рабочих поверхностей. Поэтому необходима дополнительная обработка сплава, в частности, кислородом, чтобы обеспечить высокие функциональные характеристики поверхности. Такая модификация материала является достаточно экономичной. Исследование микроструктуры и механических характеристик поверхностных микрообъемов оксидированного сплава системы Nb-Ti-Al открывают новые перспективы в

развитии инженерии поверхности материала [1, 2, 3, 4, 5, 6].

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Повышение функциональности поверхности сплава системы Nb-Ti-Al можно обеспечить формированием оксидированного слоя, который обеспечивает повышение твердости, прочности, износо- и коррозионной прочности сплава и его стабильности в условиях эксплуатации. При химико-термической обработке оксидированием в зависимости от температурных режимов и условий термодинамического равновесия в приповерхностных слоях сплава формируется структура твердого раствора кислорода различного химического состава с дисперсионными включениями сложных оксидов ниобия, титана алюминия и их комбинации [4, 5].

Эксплуатационные свойства сплава, в частности, трибологические, в значительной степени зависят от состояния и свойств тонкого приповерхностного слоя толщиной ~ 0,1 мм, в частности, его микромеханических характеристик, работы упругого и пластического деформирования.

Современные методы наноиндентирования позволяют определять механические свойства микро- и субмикрообъемов материалов, в частности, микротвердость, модуль Юнга, анализировать уровень остаточных напряжений в кристаллической решетке, работу упругой и пластической деформации микровыступов, что в сочетании с микроструктурными исследованиями содействует установлению механизмов трения и изнашивания материалов и разработке методов их предотвращения [7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15].

ПОСТАНОВКА ЗАДАНИЯ

Исследовать влияние температуры оксидирования на распределение кислорода, микроструктуру и микромеханические характеристики поверхностных слоев сплава системы Nb-Ti-Al с целью их оптимизации для улучшения трибологических свойств материала.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Испытания проводили на образцах сплава ВН-10 системы Nb-Ti-Al (химический состав: 37% Ti, 5% Al, 3,5% V, 0,05% C, ост. ниобий).

С пластины толщиной 1 мм вырезали образцы размером 10×30 мм, которые предварительно механически полировали на алмазных пастах до шероховатости Ra = 0,63 мкм и оксидировали на воздухе при температуре 300...1000°C в течение 60 мин. Микроструктуру поверхностей оценивали металлографическим методом на оптическом микроскопе "Neophot-2", сканирующем электронном микроскопе EVO 40XVP с системой микрорентген-спектрального анализа на энергодисперсионном рентгеновском спектрометре INCA ENERGY 350.

Для определения механических свойств поверхностных слоев применяли метод динамического индентирования [9, 10].

Трибологическое поведение пары трения «шар-плоскость» исследовали в условиях реверсивного движения на воздухе (программа исследований: контртело - шар из Al₂O₃ диаметром 8 мм, нагрузка 2 Н, скорость скольжения индентора 1,6 мм/с, продолжительность испытаний 2000 с).

Как видно из рис. 1а, оксидирование при температуре 300 °С практически не влияет на микроструктуру приповерхностного слоя и его микротвердость. Концентрация кислорода в металле составляет в среднем 6-8 ат.%, а в локальных участках достигает 10 ат.%. С повышением температуры отжига концентрация кислорода в сплаве увеличивается. При этом концентрационные кривые содержат, как правило, 2 максимума (рис. 1). С повышением температуры отжига значе-

ния концентрационных максимумов увеличиваются, а сами они все больше приближаются к поверхности (рис. 1в-д).

В микроструктуре приповерхностного слоя сплава после химико-термической обработки наблюдается параллельная поверхности общая пограничная линия зерен. Глубина этой линии неоднозначно зависит от температуры и изменяется от 110 мкм при температуре отжига 600°C до 150 мкм - по 700°C и снова уменьшается до 110 мкм при температуре 900°C (рис. 2). На пограничной линии основном расположены экстремумы концентрации кислорода (рис. 1 в, д), поскольку его диффузия в кристаллической решетке происходит в первую очередь по границам зерен, где локализуются фазовые превращения. Вероятно, концентрационные экстремумы возникают при наложении двух противоположных потоков кислорода: с окружающей среды вглубь металла и с внутренних объемов сплава - наружу и свидетельствуют о формировании сложных оксидных фаз.

Неоднозначность диффузионных процессов, суперпозиция потоков диффузии внешнего и растворенного в кристаллической решетке кислорода определяют сложную зависимость микротвердости поверхности сплава от температуры оксидирования (рис. 1, е).

Методом динамического индентирования определяли механические параметры поверхности оксидированного сплава системы Nb-Ti-Al в зависимости от температуры оксидирования. Метод основан на автоматической регистрации диаграммы нагрузки $P = f(h)$, где P - нагрузка на индентор, h - глубина его внедрения в поверхность исследуемого материала (рис. 2). Основное преимущество метода заключается в том, что твердость определяется в момент максимального углубления наконечника (h_{max}), т.е. до начала упругого восстановления материала. Диаграмма дает информацию о работе, потраченную индентором на преодоление сопротивления материала $A_{пласм}$ (площадь под веткой нагрузки) и работу,

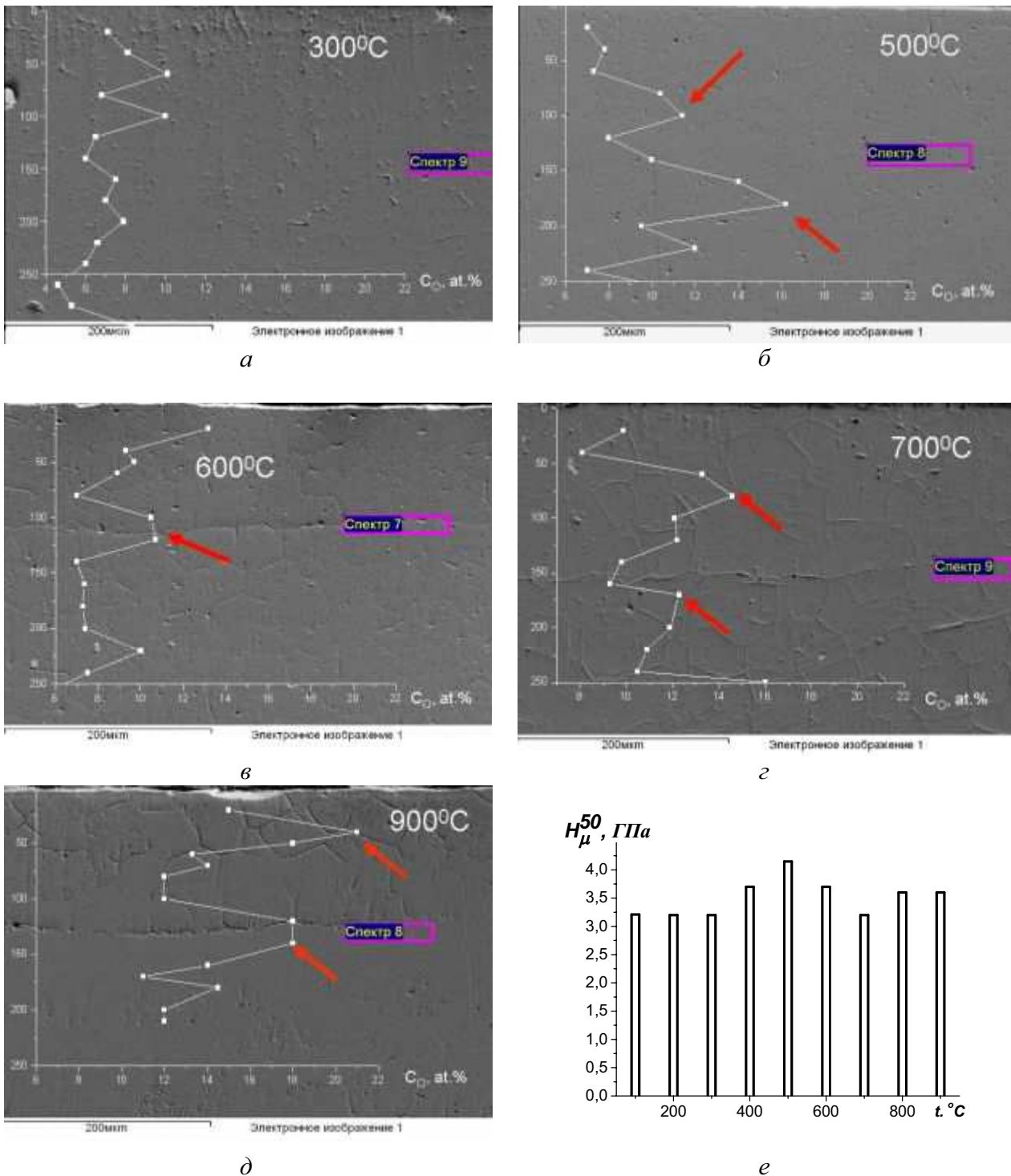


Рис.1. Влияние температуры химико-термической обработки на микроструктуру и распределение кислорода в сплаве ВН-10 (а-д), е - поверхностная микротвердость сплава, оксидированного при различных температурах

Fig. 1. Effect of temperature chemical heat treatment on microstructure and oxygen distribution of oxygen in the alloy BN-10 (a-d), e – dependence of surface microhardness on annealing temperature

затраченную материалом на восстановление своих свойств $A_{упр}$ (площадь под веткой разгрузки) (рис. 2).

По этим данным определяют степень пластичности поверхности ε согласно фор-

муле $\varepsilon = (A_{пласт} - A_{упр}) / A_{пласт}$. Значение микротвердости по Мееру находится как отношение максимальной нагрузки P_{max} к площади проекции отпечатка A ; модуль Юнга определяется как $E = S / 2\sqrt{\pi/A}$, где S - тангенс

угла наклона начального участка кривой разгрузки.

Диаграммы нагрузки индентора, полученные для сплава ВН-10, оксидированного при температуре от 300 до 900°C, приведены на рис. 3. На основе диаграмм рассчитано механические характеристики микрообъемов (табл.).

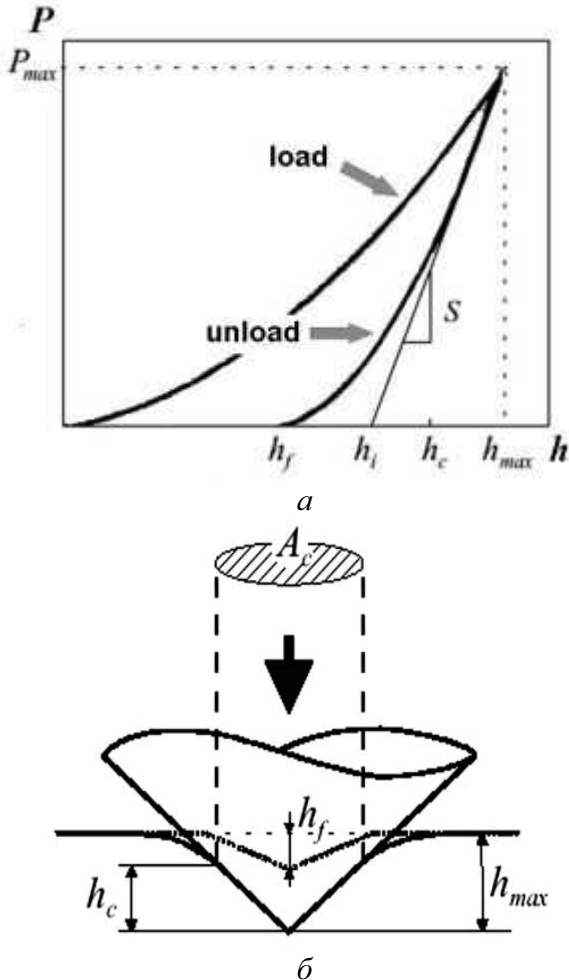


Рис. 2. Диаграмма нагрузки (а) и сечение отпечатка (б) при динамическом индентировании: h_{max} , h_c , h_f - максимальное углубление наконечника, упругая и пластическая составляющие деформации, s - тангенс угла наклона начального участка ветки разгрузки

Fig. 2. Load diagram (a) and cross section of a print (b) under dynamic indentation: h_{max} , h_c , h_f - maximum penetration tip, the elastic and plastic components of strain, s - slope of the initial unloading area branches

Установлено, что отжиг при температуре 300°C практически не влияет на механические характеристики поверхностного слоя исследуемого сплава.

Таким образом, при температуре отжига 500°C формируется микроструктура, микротвердость которой на 20% выше, чем в исходном состоянии. Одновременно снижается модуль Юнга в поверхностных микрообъемах, что свидетельствует о понижении сил межзатомного взаимодействия.

С повышением температуры отжига от 500 до 900°C оксидирование способствует поверхностному упрочнению материала, что иллюстрирует уменьшение максимальной глубины внедрения индентора и повышение микротвердости (рис. 4, табл.). При этом наблюдается снижение пластичности металла, которая достигает минимума уже при температуре термообработки 800°C.

Исследования показали, что при температуре оксидирования 500°C наблюдается минимальное значение модуля Юнга в микрообъемах оксидированного сплава (рис. 5). Это свидетельствует, что при диффузии кислорода в кристаллическую решетку сплава при температуре 500°C происходит формирование субструктуры, в которой силы межзатомного взаимодействия сравнительно ниже, чем при других режимах оксидирования.

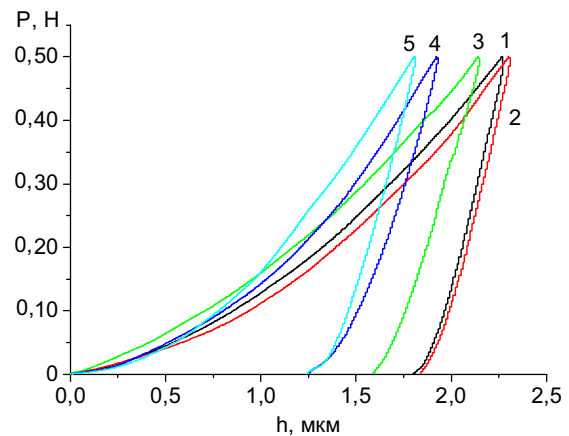


Рис. 3. Диаграммы нагрузки индентора на сплав ВН-10 в исходном состоянии (1) и оксидированный при температуре 300°C (2), 500°C (3), 800°C (4) и 900°C (5). Нагрузка 0,05 кг, скорость нагружения 5 г / с, температура 20°C

Fig. 3. Diagrams load on the indenter ВН-10 alloy in the initial state (1) and oxidized at a temperature of 300°C (2), 500°C (3) and 900 ° C (5). 0.05 kg load, loading rate 5 g / s, temperature 20°C

Таблица. Механические характеристики микрообъемов поверхности сплава системы Nb-Ti-Al оксидированного при различных температурах.

Table. Mechanical characteristic of surface microvolumes of alloy system Nb-Ti-Al oxidized at different temperatures.

№ п/п	h_{max}^* , МКМ	h_c , МКМ	h_f , МКМ	H_{Meep} , ГПа	E , ГПа	$A_{общ}$, Дж	$A_{упр}$, Дж	s	ϵ	σ_n , ГПа
Исх.сост.	2,276	1,988	1,778	5,164	112,7	44,23	10,39	0,765	0,837	1,043
300°C	2,308	2,044	1,838	4,887	119,2	41,21	10,01	0,757	0,840	1,014
500°C	2,148	1,800	1,591	6,299	103,1	42,93	12,44	0,710	0,798	1,171
800°C	1,927	1,627	1,249	7,707	132,2	33,19	12,0	0,616	0,774	1,454
900°C	1,812	1,530	1,240	8,714	149,4	31,56	11,43	0,638	0,777	1,644

* h_{max} , - максимальное углубление наконечника; h_f – глубина отпечатка; H_{Meep} – микротвердость по Мееру; E – модуль Юнга; $A_{общ}$ и $A_{упр}$ - работа полной и пластической деформаций, ϵ – степень пластичности поверхности; σ_n - внутренние напряжения.

Это подтверждается низким уровнем внутренних напряжений (на 10% выше, чем в исходном состоянии).

Структура, в которой сочетаются твердые армирующие включения (оксидные и пластическая матрица считается благоприятной для обеспечения износостойкости материалов [14, 15].

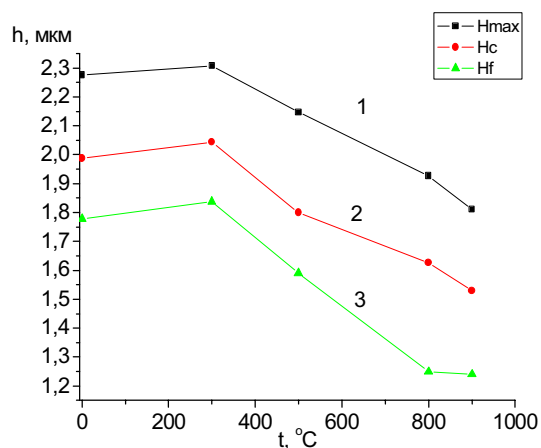


Рис. 4. Влияние температуры оксидирования сплава ВН-10 на максимальное углубление наконечника h_{max} (1), упругую h_c (2) и пластическую h_f (3) составляющие деформации Fig. 4. Effect of oxidation temperature of ВН - 10 alloy on maximum penetration tip h_{max} (1), elastic h_c (2) and plastic h_f (3) components of deformation

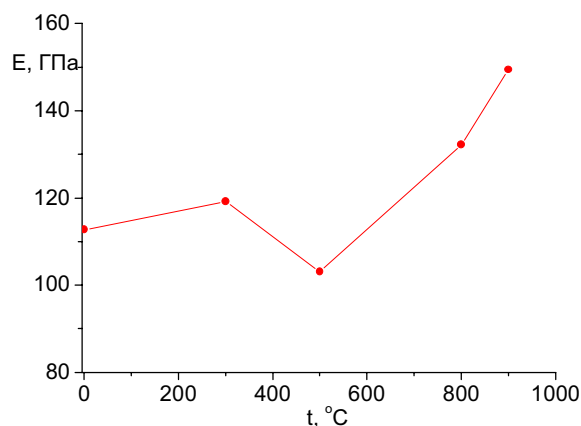


Рис. 5. Влияние температуры оксидирования сплава ВН-10 на модуль Юнга приповерхностных микрообъемов

Fig. 5. Effect of oxidation temperature on Young's modulus surface microvolumes of the alloy ВН-10

Износостойкость исходного и оксидированного при температуре 300 °С сплава ВН-10 неудовлетворительна: при трении наблюдается схватывание и высокая повреждаемость поверхностей, коэффициент трения, близок к 1 (рис.). С повышением температуры оксидирования коэффициент трения снижается. После термообработки при температуре 500°C коэффициенты трения стабильные и низкие, поверхность трения гладкая, практически без повреждений (рис. 6).

Очевидно, при температуре оксидирования 500°C дисперсионное упрочнение

сплава создает минимальные внутренние напряжения и обеспечивает пластичность поверхности оптимальную для обеспечения ее износостойкости.

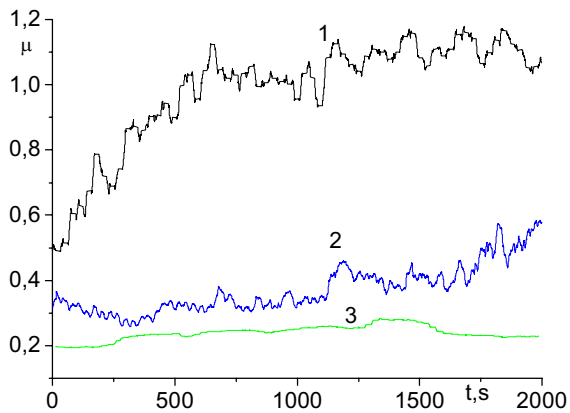


Рис. 6. Влияние температуры оксидирования на коэффициенты трения сплава ВН-10:

1 – 300°C; 2 – 400°C; 3 – 500°C

Fig. 6. Effect of oxidation temperature on the friction of alloy ВН-10: 1 – 300°C; 2 – 400°C; 3 – 500°C

ВЫВОДЫ

При термообработке сплава ВН-10 оксидированием возникает суперпозиция потоков диффузии внешнего и растворенного в кристаллической решетке кислорода, вследствие которой наблюдаются сложные зависимости его концентрации в приповерхностных слоях сплава от температуры оксидирования. На концентрационных кривых наблюдаются максимумы, обусловленные, вероятно, образованием локальных оксидных фаз на границах зерен.

С повышением температуры термообработки от 300 до 900°C увеличиваются внутренние напряжения и микротвердость поверхностных микро- и субмикрообъемов решетки и снижается их пластичность. Температура оксидирования 500°C является оптимальной для обеспечения износостойкости сплава. При этой температуре дисперсионное упрочнение сплава создает минимальные внутренние напряжения и обеспечивает достаточную пластичность поверхности. После термообработки при температуре 500°C коэффициенты трения стабильные и низкие, поверхность трения гладкая, практически без повреждений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Vasylyv Ch. 2011. Osoblyvosti znoshuvannja α -tytanovysh splaviv za vodneвого vplyvu / MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 13D. 198–202.
2. Fromm E., Gebshard E. 1980. Gazy i ugle-rod v metalash / M.: Metalurgija. – 712.
3. Shyrovkov V.V. 2007. Influence of titanium admixtures on the structure and physicomechanical properties of niobium / Materials Science. – №2.– 215–221.
4. Mechanism and regularities of oxidation in Nb-Ti and Nb-Ti-Si systems / E.M. Lyutyi, O.I. Eliseeva, V.I. Stepanyshyn and S.Ya. Romanko // Materials Science. – 1995. – №1.– 105–111.
5. Effect of heat treatment on the structure, phase Composition, and mechanical properties of VH-10 alloy / O.I. Eliseeva, V.I. Kalyadruk, A.A. Denisova and V.V. Shirokov // Soviet materials science.–1993.–29, №1. – 56–60.
6. Material behavior of the hexagonal alpha phase of a titanium alloy identified from nanoindentation tests / A. Gerday, [M. Ben Bettaieb](#), [L. Duchêne](#) [et al.] // [European Journal of Mechanics - A/Solids Volume 30, Issue 3](#), May. –June 2011, P. 248–255.
7. Dean J. 2001. Use of nanoindentation to measure residual stresses in surface layers / Acta Materialia – №59. – 2749-2761.
8. Gebhard S. 2009. Microstructural and micromechanical characterisation of TiAl alloys using atomic force microscopy and nanoindentation / [Materials Science and Engineering: A Volume 523, Issues 1–2](#), 15 October– 235–241.
9. Golovin Yu.I. 2008. Nanoindentirovanie i meshanichescie svojstva tverdyshtel v submikroobemash, tonkish pripoversh-nosnysh slojash i plenkax (obzor) / Fizika tverdogo tela. – T.50. –V.12. –2116-2142.
10. Golovin Yu.I. 2009. Nanoindentirovanie I ego vozmozhnosti – M.: Mashinostroenie. – 312.
11. Jones J.W. 1975. The effects of gaseous environments on the wear of commercial purity titanium / Wear. – 32 . – 363–377.
12. Pokhmurskii V.I. 2011. Influence of electrolytic hydrogenation on tribological behavior of armco-iron and niobium as model materials with bcc lattice / Proceeding of Second Ukrainian-Greek Symposium “Fracture Mechanics of Materials” Lviv, Ukraine October 4 – 8.

13. Jacobson S. 2009. Surface modification in tribological contacts / *Wear*. – 266. – 370–378.

14. Sasada T. 1990. Adsorption of surrounding gas molecules on pure metal surfaces during wear processes / *Wear*. – 135. – 251–264.

15. *Spravochnik po triboteni. Teoreticheskie osnovy* / [red. M. Xebdy, A. Chichinadze]. – М.: Mashinostroenie. - 1989. – Т.1. – 400.

EFFECT OF THE OXIDATION TEMPERATURE ON THE MICRO-MECHANICAL AND TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF Nb-Ti-Al ALLOY

Summary. The effect of temperature oxidation

on micromechanical properties and the tribological behavior of the alloy Nb-Ti-Al has been investigated. The increasing of annealing temperature from 300 to 900 °C leads to increasing of the internal stresses and microhardness in the micro/nanoscale of crystal lattice and reducing of the plasticity. The tribological properties of alloy after oxidation at temperature 500°C are optimal. At this temperature dispersion strengthening of alloy creates a minimum internal pressure and provides good plasticity of surface. **Key words:** alloy of Nb-Ti-Al system, oxidation, nanoindentation, tribological properties.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВРЕМЕНИ ИСТЕЧЕНИЯ ВОЗДУХА ИЗ ОГРАНИЧЕННОГО ПРОСТРАНСТВА

Василий Дмитрив, Игорь Дмитрив

Львовский национальный аграрный университет

г. Дубляны, ул. Владимира Великого 1

Vasyl Dmytriv, Igor Dmytriv

Lviv national agrarian university

Аннотация. Наведены аналитические зависимости для моделирования процесса откачивания воздуха с камер переменного вакуумметрического давления системы пульсатор-доильный стакан с учетом закона сохранения массы для газа в контролируемом объеме через уравнение механической энергии транспортирования воздуха. Рассчитано время откачивания воздуха в доильном аппарате до номинального вакуумметрического давления.

Ключевые слова: доильный аппарат, скоростной коэффициент, вакуумпровод.

ВВЕДЕНИЕ

Проектирование новых конструкций пульсаторов доильных аппаратов требует теоретического обоснования технологических характеристик их работы, в частности расход воздуха при заданных геометрических размерах конструкции, что определяет режимы работы пульсатора и его энергетические затраты. Поэтому для моделирования конструктивных и технологических параметров пульсатора доильного аппарата необходима модель расхода воздуха элементами и доильным аппаратом в целом.

Расход воздуха доильным аппаратом рассчитывают как приведенный к нормальному атмосферному давлению, учитывая объем камер сменного вакуумметрического давления, вакуумметрическое давление, частоту пульсаций [1, 2]. За данной методикой расчета результаты усредненные и не учитывают особенности конструкции пульсатора, а характер изменения давления принят за экспоненциальным законом.

Экспериментальные данные расхода воздуха доильными аппаратами и методика проведения исследования приведены в работах [3; 4], что можно использовать для определения расхода воздуха уже существующих конструкций пульсаторов.

Усредненное значение расхода воздуха можно рассчитать за скоростью его течения в вакуумпроводе доильного аппарата, зная перепад вакуумметрического давления и конструктивные размеры вакуумпровода, а также коэффициент пневматического сопротивления трения [5].

Приближенной к решению поставленной проблемы есть модель расчета расхода воздуха, учитывающая уравнения состояния газа [6].

Для моделирования расхода воздуха в процессе вытеснения сжатого газа из ограниченного пространства через сопло используют уравнение Сен-Венана Ванцеля, которое описывает процесс наполнения пространства через короткую насадку из пространства неограниченного [7].

При изучении влияния конструктивных параметров пульсатора на технологические параметры его работы в основном экспериментально исследуют влияние давления и диаметра перепускного отверстия на частоту пульсаций [8, 9].

При динамическом анализе пневмопроводов принималось во внимание термодинамические процессы, при которых учитывалось, что часть энергии идет на совершение теплового расширения газа с учетом начальной и конечной температуры расширения [10, 11, 12, 13, 14, 15].

Рассмотрены выше модели имеют ряд замечаний: не учтен режим работы доильного аппарата, следовательно характер изменения вакуумметрического давления, в уравнении отсутствует параметр потерь вакуумметрического давления, поэтому нельзя рассчитывать количество воздуха за заданное время.

Развивая модель истечения воздуха из ограниченного пространства, далее рассмотрим процесс откачивания воздуха учитывая только механическую энергию движения

воздуха в системе “доильный стакан-пульсатор” [16, 17, 18, 19].

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью статьи является разработка математической модели для моделирования времени откачивания воздуха с ограниченного пространства в зависимости геометрических размеров и технологических параметров работы пульсатора.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Рассмотрим процесс изменения давления в системе: межстенное пространство доильного стакана – пульсатор, что составляет объем пространство изменяющегося вакуумметрического давления, как одну систему, с которой откачивают воздух. Пусть объем системы V . Вакуумметрическое давление в нем P - равное атмосферному давлению $P_{атм}$. При откачивании воздуха давление будет становить $P_в$. Разница давлений будет $P_{атм} - P_в = \Delta P$. Для заданной разницы давления с системы откачают некоторое количество воздуха массой M_n за время t . В процессе работы пульсатора доильного аппарата будет отсутствовать теплообмен, так як отсутствует нагревание воздуха. Воздух транспортируется только через сечение S отверстия пульсатора.

Распишем выше сказанное через расход, учитывая закон сохранения массы для газа в контролируемом пространстве, и уравнение механической энергии движения воздуха:

$$dQ - d(PW) - dL - dL_{тр} = dU + d\left(\frac{v^2}{2g}\right) + g dz, \quad (1)$$

где: Q – количество тепла подводимого до системы (при работе пульсатора доильного аппарата $T=const, Q=0, dQ=0$); z – разница высот положения двух разных сечений потока воздуха, что характеризует потенциальную энергию (в нашем случае $z=0, dz=0$); L – техническая работа, которая характеризует изменение физического положения в пространстве механических элементов системы.

Перемещения механических элементов не происходит, поэтому механическая работа от перемещения воздуха израсходуется на изменение внутренней энергии воздуха в системе, $dL = dU + PdW$.

Учитывая выше изложенные суждения

зависимость (1) будет:

$$-d(PW) + dU + PdW - dL_{тр} = dU + d\left(\frac{v^2}{2g}\right),$$

или
$$-d(PW) + PdW = d\left(\frac{v^2}{2g}\right) + dL_{тр}, \quad (2)$$

где: $L_{тр}$ – работа на преодоление сил трения воздуха в системе [20, 21]:

$$dL_{тр} = \lambda \frac{l_{тр}}{D_{тр}} d\left(\frac{v^2}{2g}\right). \quad (3)$$

Зависимость (2) с учетом уравнения (3) примет вид:

$$-PdW - WdP + PdW = d\left(\frac{v^2}{2g}\right) + \lambda \frac{l_{тр}}{D_{тр}} d\left(\frac{v^2}{2g}\right), \quad (4)$$

где: $\lambda \frac{l_{тр}}{D_{тр}} = \xi$ – коэффициент сопротивления трению; $W = l/\rho$ – приведенный объем воздуха.

В итоге, зависимость (4) примет вид:

$$-\frac{1}{\rho} dP = d\left(\frac{v^2}{2g}\right) (1 + \xi),$$

или
$$d\left(\frac{v^2}{2g}\right) = -\frac{1}{(1 + \xi)} \frac{dP}{\rho}. \quad (5)$$

Проинтегрируем уравнение (5) с границами $P \rightarrow$ от P_1 к P_2 и $v \rightarrow$ от v_1 к v_2 :

$$\int_{v_1}^{v_2} d\left(\frac{v^2}{2g}\right) = -\frac{1}{1 + \xi} \int_{P_1}^{P_2} \frac{dP}{\rho}$$

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} = \frac{1}{1 + \xi} \left(\frac{P_1}{\rho_1} - \frac{P_2}{\rho_2} \right). \quad (6)$$

Учитывая уравнения состояния идеального газа, которое подчиняется политропной зависимости с показателем политропы n [10]:

$$\frac{P_1}{\rho_1^n} = \frac{P_2}{\rho_2^n}, \quad \rho_2 = \rho_1 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{1}{n}}. \quad (7)$$

Тогда выражение $\frac{P_1}{\rho_1} - \frac{P_2}{\rho_2}$ в уравнении (6) с учетом уравнения (7) примет вид:

$$\frac{P_1}{\rho_1} - \frac{P_2}{\rho_2} = \frac{P_1}{\rho_1} - \frac{P_2}{\rho_1} \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{1}{n}} = \frac{P_1}{\rho_1} \left(1 - \frac{P_2 P_2^{\frac{1}{n}}}{P_1 P_1^{\frac{1}{n}}} \right) =$$

$$= \frac{P_1}{\rho_1} \left(1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} \right)$$

Произведем замену, подставив выражение (8) в уравнение (6):

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} = \frac{1}{1 + \xi} \frac{P_1}{\rho_1} \left(1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} \right). \quad (9)$$

Примем, что $P_2/P_1 = x$ и учитывая, что в момент откачивания воздуха с системы $v_1=0$. Тогда уравнение (9) примет вид:

$$v_2 = \sqrt{\frac{2g}{1 + \xi} \frac{P_1}{\rho_1} \left(1 - x^{\frac{n-1}{n}} \right)}, \text{ м/с.} \quad (10)$$

Массовый расход воздуха будет:

$$m = v_2 S_{nep} \rho_2, \text{ кг/с.} \quad (11)$$

Запишем уравнение расхода воздуха с учетом зависимостей (10, 11):

$$m = S_{nep} \rho_2 \sqrt{\frac{2g}{1 + \xi} \frac{P_1}{\rho_1} \left(1 - x^{\frac{n-1}{n}} \right)}. \quad (12)$$

Учитывая, что $\rho_2 = \rho_1 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{1}{n}}$, уравнение

(12) для моделирования секундного расхода воздуха при откачивании будет:

$$m = S_{nep} \sqrt{\frac{2g}{1 + \xi} P_1 \rho_1 \left(x^{\frac{2}{n}} - x^{\frac{n+1}{n}} \right)}, \text{ кг/с,} \quad (13)$$

где: S_{nep} – площадь сечения отверстия откачивания воздуха из системы, м^2 ; g – ускорение свободного падения, м/с^2 ; ξ – коэффициент сопротивления трению, $\xi = \lambda \frac{l_{TP}}{D_{TP}}$;

– длина отверстия откачивания воздуха; D_{TP} – диаметр отверстия откачивания воздуха; λ – коэффициент сопротивления движения воздуха [20]; P_1 – начальное давление в системе, кг/м^2 ; ρ_1 – плотность воздуха при давлении P_1 , кг/м^3 ; x – отношение давлений в системе, $x = P_2/P_1$; P_2 – давление в системе после откачивания воздуха.

Дифференциальное уравнение откачивания определенного объема воздуха V составим исходя из того, что масса M воздуха, которая проходит за время t будет равна приросту массы $dM = Vd\rho$ (где V – объем системы, ρ – поточное значение плотности воздуха в заданном объеме V).

$$dM = m dt \quad (17)$$

Уравнение (17) с учетом зависимости (16) примет вид:

$$dM = S_{nep} \psi \sqrt{P_1 \rho_1} dt \quad (18)$$

$$\text{где: } \psi = \sqrt{\frac{2g}{1 + \xi} \left(x^{\frac{2}{n}} - x^{\frac{n+1}{n}} \right)}, \left(\frac{M}{c^2} \right)^{\frac{1}{2}}; \frac{M^{\frac{1}{2}}}{c},$$

P_i и ρ_i – поточное значение давления и плотности в объеме V .

$$\text{Учитывая, что: } \rho_i = \rho_V \left(\frac{P_i}{P_V} \right)^{\frac{1}{n}}.$$

$$dM = S_{nep} \psi \sqrt{P_i \rho_V \left(\frac{P_i}{P_V} \right)^{\frac{1}{n}}} dt = S_{nep} \psi \sqrt{P_V \rho_V} \sqrt{\left(\frac{P_i}{P_V} \right)^{\frac{n+1}{n}}} dt, \text{ кг.} \quad (19)$$

или приняв во внимание $dM = Vd\rho_i$, имеем:

$$dM = V \rho_V d \left[\left(\frac{P_i}{P_V} \right)^{\frac{1}{n}} \right] = \frac{V}{n} \rho_V \left(\frac{P_i}{P_V} \right)^{\frac{1-n}{n}} d \left(\frac{P_i}{P_V} \right). \quad (20)$$

Приравнявая уравнения (20) и (19), учитывая знак и сократив на $\left(P_i/P_V \right)^{\frac{1}{2}}$, дифференциальное уравнение откачивания воздуха из объема V будет:

$$\rho_V \frac{V}{n} \left(\frac{P_i}{P_V} \right)^{-1} d \left(\frac{P_i}{P_V} \right) = -S_{nep} \psi \sqrt{P_V \rho_V} \sqrt{\left(\frac{P_i}{P_V} \right)^{\frac{n-1}{n}}} dt. \quad (21)$$

Преобразив уравнение (21):

$$\frac{1}{n} \frac{1}{\frac{P_i}{P_V} \left(\frac{P_i}{P_V} \right)^{\frac{n-1}{2n}}} d \left(\frac{P_i}{P_V} \right) = \psi S_{nep} \frac{1}{V} \sqrt{\frac{P_V}{\rho_V}} dt$$

$$\text{или: } \frac{1}{n} \left(\frac{P_i}{P_V} \right)^{\frac{1-3n}{2n}} d \left(\frac{P_i}{P_V} \right) = S_{nep} \psi \frac{1}{V} \sqrt{\frac{P_V}{\rho_V}} dt. \quad (22)$$

Интегрируя уравнение (22) при ограничениях от 1 к P_i/P_V и от 0 к t :

$$\frac{1}{n} \int_1^{\frac{P_i}{P_V}} \left(\frac{P_i}{P_V} \right)^{\frac{1-3n}{2n}} d \left(\frac{P_i}{P_V} \right) = S_{nep} \psi \frac{1}{V} \sqrt{\frac{P_V}{\rho_V}} \int_0^t dt,$$

$$\text{или: } \frac{1}{n} \frac{\left(\frac{P_i}{P_V} \right)^{\frac{1-n}{2n}} \Big|_1^{\frac{P_i}{P_V}}}{\frac{1-n}{2n}} = S_{nep} \psi \frac{1}{V} \sqrt{\frac{P_V}{\rho_V}} t \Big|_0^t. \quad (23)$$

Время откачивания воздуха из ограниченного пространства от давления P_V к давлению P_i исходя из уравнения (23) будем рассчитывать с уравнения:

$$t = \frac{1}{n} \frac{2n}{1-n} \frac{V}{S_{nep} \psi} \sqrt{\frac{\rho_V}{P_V}} \left[\left(\frac{P_i}{P_V} \right)^{\frac{1-n}{n}} - 1 \right],$$

$$\text{или: } t = \frac{2}{1-n} \frac{V}{S_{nep} \psi} \sqrt{\frac{\rho_V}{P_V}} \left[\left(\frac{P_i}{P_V} \right)^{\frac{1-n}{n}} - 1 \right], \text{ с,} \quad (27)$$

где: V – объем камер переменного вакуумметрического давления системы “доильный стакан-пульсатор”, м^3 ; S_{nep} – площадь сечения перепускного канала “пульсатор – доильный стакан”, м^2 ; ψ – скоростной коэффициент, характеризует соотношение давлений, $\text{м}^{1/2}/\text{с}$; ρ_V – плотность воздуха в объеме V при атмо-

сферном давлении, кг/м^3 ; P_V – атмосферное давление воздуха в объеме V , кг/м^2 ; n – показатель политропы.

С целью апробации полученного решения проведено вычисление времени откачивания воздуха из системы “доильный стакан-пульсатор” при следующих исходных данных: $V = 0,00005; 0,0001; 0,00015; 0,0002 \text{ м}^3$; d_{ncp} – диаметр перепускного канала пульсатора, $d_{ncp} = 0,002; 0,003; 0,004 \text{ м}$; $\rho_V = 1,25 \text{ кг/м}^3$; $P_V = 10000 \text{ кг/м}^2$; $n = 1,4$.

Результаты расчета представлены на рис. 1-2.

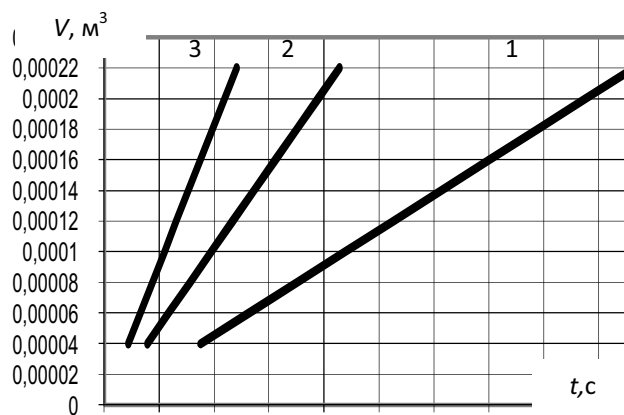


Рис. 1. Зависимость времени откачивания t воздуха от объема пространства V “доильный стакан-пульсатор”:

1,2,3 - $d_{ncp} = 0,002; 0,003; 0,004 \text{ м}$.

Fig. 1. Dependence of time t of pumping out of air on the volume of space of V “milking glass-pul'sator”:

1,2,3 - $d_{ncp} = 0,002; 0,003; 0,004 \text{ м}$

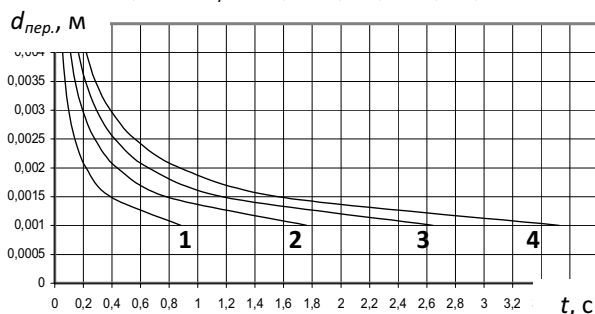


Рис. 2. Зависимость времени откачивания t воздуха от диаметра перепускного отверстия d_{ncp} пульсатора при заданном объеме пространства “доильный стакан-пульсатор”:

1,2,3,4 - $V = 0,00005; 0,0001; 0,00015; 0,0002 \text{ м}^3$.

Fig. 2. Dependence of time t of pumping out of air on the diameter of the admission opening of d_{ncp} pul'sator at the set volume of space “milking glass-pul'sator”:

1,2,3,4 - $V = 0,00005; 0,0001; 0,00015; 0,0002 \text{ м}^3$.

ВЫВОДЫ

Выведены математические зависимости разрешают моделировать скорость и расход воздуха, время откачивания в зависимости от объемов камер переменного вакуумметрического давления доильного аппарата, конструктивных размеров воздухопроводов, режима перемены давления, что разрешает теоретически обосновать конструктивные и динамические характеристики системы “пульсатор-доильный стакан”

Расчеты по изложенной теории показали, что оптимальный диаметр перепускного отверстия пульсатора находится в пределах $0,002...0,003 \text{ м}$ при объеме пространств переменного давления от $0,00005 \text{ м}^3$ по $0,0002 \text{ м}^3$.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Dmytriv V. T. 2006. Model vitraty povitrya elementamy doilnogo apparata / Visnik Lvovskogo derzavnogo agrarnogo universitetu: Agroinjenerni doslidjenna, - № 10. - 483-488.
2. Dmytriv V. 2007. Dynamic characteristics of hydropneumatic milking systems. / Zbornik radova: proceedings. Opatija, Croatia. - February 13-16 - 332-335.
3. Rybnikov A.P. 1976. Raschet vakuumnyx system doilnix ustanovok // Meh. i elektr. soc. s. x., - № 5. -19-20.
4. Fisachenko O.I., Nanka O.V., Dzuba A.I., Fisachenko E.O. 2005. Funkcionalni sxemy doilnix ustanovok ta vzaemodia elementiv ix osnovnogo unificovanogo obladdnansna // Visn. Khark. nac. texn. un-tu s. g. im. P. Vasilenka. Vip. 42: Vdoskonalenna texnologiy i obladdnanna virobniectva produkcii tvarinnictva i ptaxivniectva. – Kharkiv, – 40-44.
5. Dmytriv V. T., Kondur S.M. 1998. Osnovi teorii ruxu povitra v doilnimu aparati // Visn. Lviv. derj. agrar. un-tu: Agroinjenerni doslidjenna, – № 2. –83-86.
6. Karimov N.B. 1973. Rasxod vozduxa v doilnom apparate // Meh. i elektr. soc. s. h., - №5. –25-27.
7. Polivcev V.P., Polivcev V.V. 2011. Issledovanie processa istechenia sjatogo cherez soplo v atmosferu // Visnik Sevastopolskogo NTU: zb. nauk. pr. Vip. 119. Seria: Mexanika i Energetica, ekologia. – Sevastopol, – 71-76.
8. Naumenko A., Uzhyk V., Chygryn A. 2011. Determination of constructive-regime parame-

- ters of a pulsator for a milking machine. // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 13. 244-248.
9. Syrotiuk V.M., Baranovych S.M., Syrotiuk S.V. 2011. Analysis of constructions of pneumatic membrane pulsators of pair action and substantiation of their operation modes. MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 13. 309-317.
10. Gerc E.V., Kreynin G.V. 1975. Raschet pnevmoprovodov. Spravochnoe posobie. – M.: Mashinostroenie, - 272.
11. Kovalnogov N.N. 2010. Prikladnaya mehaniaka jidkosti i gaza. – Ulyanovsk: UIGTU, – 219.
12. Loicanskiy L.G. 1987. Mehanika jidkosti i gaza. – M.: Nauka, – 840.
13. Donskoy A.C. 2009. Matematicheskoe modelirovanie procesov v pnevmaticheskikh privodah. – SPb: Izd-vo Politehn. un-ty, – 121.
14. Krasnov I.N. 1974. Doilnye apparaty. - Izd-vo Rostovskogo university, - 228.
15. Popov D.N. 1976. Dinamika i regulirovanie gidro- i pnevmosistem. – M.: Mashinostroenie, - 424.
16. Cherniy G.G. 1988. Gazovay dinamika. – M.: Nauka, – 424.
17. Dmytriv V., Dmytriv I. 2013. Model vidkachuvanna povitra z kamer zminnogo vakuummetrychnogo tisku doilnogo apparata. // Visnik Kharkivskogo Nac. Texnich. university, s. g. im. Petra Vasilenka. – Vip. 132 “Tehnichni sistemi i tehnologii tvarinnyctva”. – Kharkiv. – 207-212.
18. Dmytriev V. N., Gradeckiy V. G. 1973. Osnovi pnevmoavtomatiki. - M.: Machinostroenie, - 360.
19. Dmytriv V.T., Dmytriv I.V. 2010. Kalibrator pulsatora doilnogo apparata. // Mehanizacia ta elektrifikacia silskogo gospodarstva. Vip. 84. – Glevaha, - 143-147.
20. Dmytriv V.T. 2002. Modeluvanna koeficienta oporu ruxu povitra u vakuumprovidnix sistemah // Visnik Lvovskogo derjavnogo agrarnogo universitetu: Agroinjenerni doslidjenna, - № 6. - 201-206.
21. Dmytriv V.T. 2003. Doslidjenna energetichnix parametriv vakuumprovidnoi sistemi doilnoi ustanovki // Visnik Lvovskogo derjavnogo agrarnogo universitetu: Agroinjenerni doslidjenna, - № 7. - 281-287.

DESIGN OF TIME OF EXPIRATION OF AIR FROM A LIMIT SPACE

Summary. Analytical dependences are resulted for the design of process of pumping out of air from the chambers of variable vacuum gauge pressure of the system pul'sator-milking glass taking into account the law of economy of mass for gas in a subcontrol volume through equalization of mechanical energy of portage of air. Time of pumping out of air is expected in a milking vehicle to nominal vacuum gauge pressure.

Key words: milking vehicle, speed coefficient, vacuum wire.

ФОРМА ОСИ ГИБКОЙ НЕСЖИМАЕМОЙ ПОЛОСЫ ПРИ ЕЕ ТОЛКАНИИ ПО НАКЛОННОЙ ШЕРОХОВАТОЙ ПЛОСКОСТИ С ПОСТОЯННОЙ СКОРОСТЬЮ

Сергей Пулипака, Андрей Несвидомин, Татьяна Захарова

*Национальный университет биоресурсов и природоиспользования Украины
г. Киев, ул. Героев Обороны 15*

*Sergej Pylypaka, Andrej Nesvidomin, Tatiana Zaharova
National university of life and environmental sciences of Ukraine*

Аннотация. Составлены дифференциальные уравнения движения гибкой несжимаемой полосы по шероховатой наклонной плоскости при ее толкании с постоянной скоростью. Рассмотрены частные случаи движения при отсутствии трения, при разных углах наклона плоскости, при разных углах вступления полосы на плоскость. Численными методами интегрирования найдена форма оси полосы для рассмотренных случаев.

Ключевые слова: гибкая несжимаемая полоса, наклонная шероховатая плоскость, скорость движения, форма оси.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

При проектировании машин и их рабочих органов необходимо иметь математическую модель взаимодействия этих органов с технологическим материалом. Большое количество работ посвящено изучению кинематических характеристик движения отдельной частицы материала по шероховатым поверхностям рабочих органов сельхозмашин. К ним в первую очередь относятся фундаментальные труды [1, 2]. В качестве технологического материала принимаются частицы минеральных удобрений [3], зерновые смеси [4, 5], частицы навоза [6], почвы [7, 8], другие материальные частицы [9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18]. При таком моделировании движения технологического материала по шероховатым поверхностям не учитывается взаимодействие между собой отдельных частиц.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Рассматриваемая в статье модель движения полосы может быть применена к принудительному движению почвы по поверхности рабочего органа, например, по трехгранному клину. Частицы почвы, воздействуя

одна на другую под действием сил подпора, заставляют двигаться по плоскости пласт. В работе [19] пласт принят за плоскую деформируемую ленту, обладающую некоторой жесткостью. Мы рассмотрим модель пласта в виде гибкой полосы с прямоугольным поперечным сечением, которая не сопротивляется изгибу. При толкании ее по плоскости клина с постоянной скоростью полоса будет определенным образом деформироваться, а ее ось, состоящая из центров плоских сечений, будет приобретать определенную форму.

Если плоскость абсолютно гладкая, то есть отсутствует сила трения, то траектория элемента полосы будет совпадать с траекторией движения отдельной частицы. Модель такого движения рассмотрена в работе [6]. Возможен случай попадания частицы на шероховатую плоскость с начальной скоростью, которая потом изменяется по определенному закону в зависимости от угла наклона плоскости и от угла вступления частицы на нее. Такая модель движения рассмотрена в работе [20].

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Целью работы является определение формы оси гибкой несжимаемой полосы при ее толкании по наклонной шероховатой плоскости в зависимости от скорости толкания, углов установки плоскости и вступления полосы на плоскость.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

В качестве поверхности, по которой будет двигаться частица технологического материала, примем наклонную плоскость или трехгранный клин, как принято ее называть, если технологическим материалом есть почва. На рис. 1 плоскость установлена под углом ε к горизонту. Угол вступления между направлением скорости v и нижней горизон-

ФОРМА ОСИ ГИБКОЙ НЕСЖИМАЕМОЙ ПОЛОСЫ ПРИ ЕЕ ТОЛКАНИИ ПО НАКЛОННОЙ ШЕРОХОВАТОЙ ПЛОСКОСТИ С ПОСТОЯННОЙ СКОРОСТЬЮ

тальной кромкой плоскости равен α_0 . Предположим, что частица по наклонной плоскости будет двигаться с постоянной скоростью v . Силой, которая заставит частицу двигаться, может быть сила подпора соседних частиц, как бывает на трехгранном клине, когда он движется со скоростью v в почве. Сначала рассмотрим движение отдельной частицы.

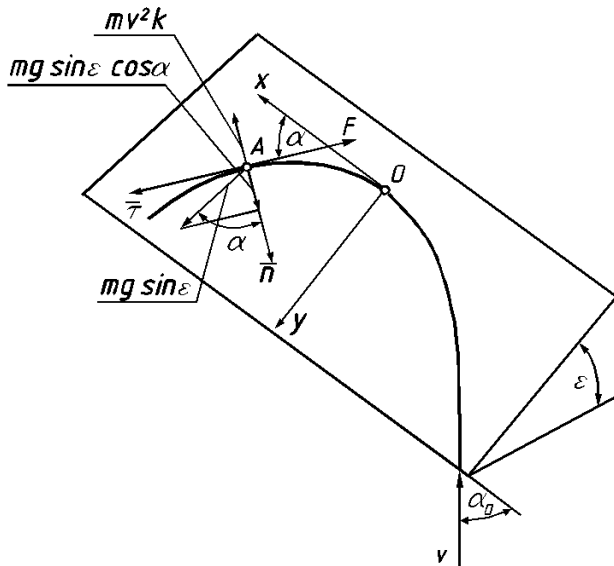


Рис. 1. Схема действия сил на частицу в точке A при ее движении по наклонной плоскости

Fig. 1. The scheme of the action of forces on a particle in a point A at the moment of the motion of a particle on a ramp

Вступив на наклонную плоскость под углом α_0 , дальнейшее движение частицы будет очерчено по криволинейной траектории с переменным углом α . В плоскости движения частицы расположим плоскую систему координат xOy , как показано на рис. 1. При движении частицы по плоскости на нее будет постоянно действовать составляющая силы веса, направленная по линии наибольшего уклона, параллельно оси Oy . Она будет заставлять частицу двигаться вниз, вследствие чего траектория движения будет криволинейной. При этом возникает центробежная сила, направленная по нормали к траектории, которая тоже влияет на ее форму.

Для составления дифференциальных уравнений движения частицы в данном случае удобно воспользоваться сопровождающим трехгранником траектории, у которого орт τ направлен по касательной, а орт n - перпендикулярно ему в сторону центра кривиз-

положим, что частица по наклонной траектории. Его положение относительно системы xOy будет определяться углом α в текущей точке A (рис. 1).

Система дифференциальных уравнений движения частицы в проекциях на орты естественного трехгранника запишется [1]:

$$m \frac{dv}{dt} = F_\tau; \quad mkv^2 = F_n, \quad (1)$$

где: m – масса частицы;

$v = \text{const}$ – скорость движения частицы;

k – кривизна траектории – величина, обратная радиусу кривизны: $k = 1/\rho$;

F_τ, F_n – проекции приложенных к частице сил на орты касательной и нормали.

В данном случае силу трения F и силу сопротивления воздуха учитывать не будем, поскольку они преодолеваются силами подпора. Поскольку мы приняли скорость движения частицы постоянной, то левое уравнение системы (1) превращается в тождество, то есть равно нулю. Во втором уравнении нужно найти силы, которые действуют на частицу в проекции на главную нормаль n .

Составляющую силы веса частицы, которая действует на нее в плоскости вдоль линии наибольшего уклона (параллельно оси Oy), определим с рис. 2. Учитывая угол ε наклона плоскости, она будет равна $mg \cdot \sin \varepsilon$, где $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения.

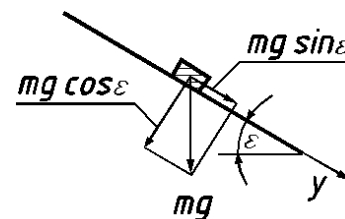


Рис. 2. Разложение силы веса частицы на составляющие

Fig. 2. Decomposition of the force of weight of the particle on constituents

В свою очередь, эту составляющую разложим на орты сопровождающего трехгранника траектории. Учитывая угол α между ортом касательной и осью Ox , можно записать составляющую силы в проекции на орт n : $mg \cdot \sin \varepsilon \cdot \cos \alpha$ (рис. 1). Таким образом, уравнение движения частицы в проекциях на орт n нормали траектории запишется:

$$mkv^2 = mg \sin \varepsilon \cos \alpha . \quad (2)$$

Разрешим (2) относительно кривизны траектории:

$$k = \frac{g \sin \varepsilon}{v^2} \cos \alpha . \quad (3)$$

С другой стороны в дифференциальной геометрии известна зависимость $d\alpha/ds = k$, где s – длина дуги кривой (в нашем случае траектории). Чтобы найти параметрические уравнения траектории в неподвижной системе координат xOy , воспользуемся еще одними известными выражениями:

$$\frac{dx}{ds} = \cos \alpha \quad \text{и} \quad \frac{dy}{ds} = \sin \alpha . \quad (4)$$

и перейдем к переменной α : $\frac{dx}{ds} = \frac{dx}{d\alpha} \cdot \frac{d\alpha}{ds}$.

В полученное выражение входит кривизна k траектории. Таким же образом мы можем преобразовать и выражение для $\sin \alpha$. После этого можно записать:

$$\frac{dx}{d\alpha} k = \cos \alpha; \quad \frac{dy}{d\alpha} k = \sin \alpha . \quad (5)$$

Подставим выражение кривизны (3) в (5). Получим следующие выражения:

$$\frac{dx}{d\alpha} = \frac{v^2}{g \sin \varepsilon}; \quad \frac{dy}{d\alpha} = \frac{v^2}{g \sin \varepsilon} \operatorname{tg} \alpha . \quad (6)$$

Каждое из уравнений (6) может быть проинтегрировано независимо одно от другого. После интегрирования и преобразования получим:

$$x = \frac{v^2}{g \sin \varepsilon} \alpha + x_0, \quad (7)$$

$$y = -\frac{v^2}{g \sin \varepsilon} \ln(\cos \alpha) + y_0.$$

В параметрических уравнениях (7) независимой переменной является угол α между касательной к траектории и осью Ox . При построении траектории за уравнениями (7) начальное значение угла α необходимо брать равным α_0 (рис. 1). Постоянные интегрирования x_0 и y_0 определяем из условия, что при $\alpha = \alpha_0$ $x = 0$ и $y = 0$. Подставив эти значения в (7), найдем:

$$x_0 = -v^2 \alpha_0 / g \sin \varepsilon, \quad (8)$$

$$y_0 = v^2 \ln(\cos \alpha_0) / g \sin \varepsilon.$$

При необходимости можно перейти в уравнениях (7) от переменной α к переменной s , что рассмотрено в работе [6].

Теперь усложним задачу, предполагая, что частицы связаны между собой так, что образуют непрерывную полосу, которая не сопротивляется изгибу, но оказывает сопротивление передвижению за счет сил трения. Пусть полоса имеет прямоугольное сечение размером $a \times b$ (рис. 3).

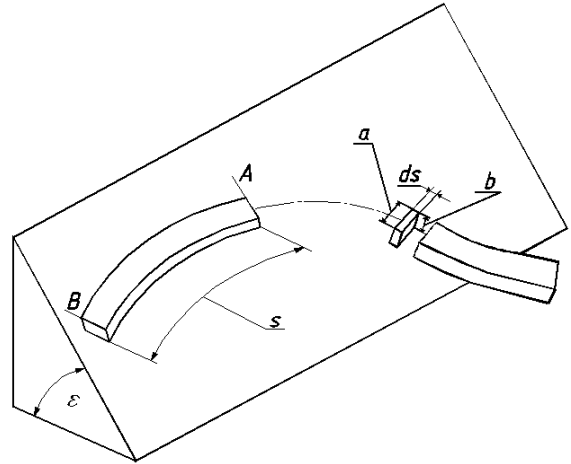


Рис. 3. Схема движения гибкой полосы по наклонной плоскости

Fig. 3. The scheme of the motion of flexible bar on a ramp

Предполагается, что полоса несжимаема, то есть при ее толкании при вступлении на плоскость скорость всех ее частиц вдоль оси постоянна и равна v . При толкании полосы возникает сила трения F , направленная по касательной к оси в противоположную сторону движения (рис. 1). Ее величина зависит от длины s полосы: в сечении B она равна нулю, в текущем сечении A имеет определенное значение (рис. 3), которое возрастает по мере увеличения длины s полосы. Наибольшее значение сила трения имеет в сечении при вступлении полосы на плоскость. Она вызывает сжимающие полосу усилия, которые влияют на форму оси движущейся полосы. Чтобы оценить это влияние, рассмотрим элемент полосы в текущем сечении A длиной ds (рис. 4,а). Слева на элемент действует сила трения F , которая к концу элемента увеличивается на dF . Такой же по величине подпорной силой $F + dF$ уравнивается элемент полосы. Возникает результирующая сила dP , направленная по нормали к оси в противоположную сторону от центра кривиз-

ФОРМА ОСИ ГИБКОЙ НЕСЖИМАЕМОЙ ПОЛОСЫ ПРИ ЕЕ ТОЛКАНИИ ПО НАКЛОННОЙ ШЕРОХОВАТОЙ ПЛОСКОСТИ С ПОСТОЯННОЙ СКОРОСТЬЮ

зны. Для определения ее величины рассмотрим рис. 4,б.

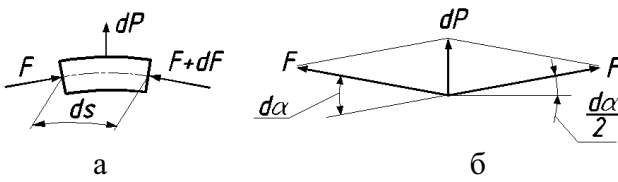


Рис. 4. Силы, действующие на элемент полосы вследствие ее трения о плоскость:

- а) элемент полосы с приложенными силами;
б) определение результирующей силы

Fig. 4. Forces, operating on the element of bar because of its friction at a plane:

- a) element of bar with the attached forces;
b) determination of resulting force

В пределе, когда s устремляется к нулю, сила трения в сечении A становится равной F , а отношение $d\alpha$ к ds дает кривизну k оси в этом сечении. Найдем результирующую силу dP , проецируя обе силы F на направление нормали. Из рис. 4,б можно записать:

$$dP = 2F \cos\left(90^\circ - \frac{d\alpha}{2}\right) = 2F \sin \frac{d\alpha}{2}. \quad (9)$$

Вследствие малого значения угла α можно принять, что $\sin(\alpha/2) = \alpha/2$. Подставив это значение в (9), получим простое выражение:

$$dP = Fd\alpha. \quad (10)$$

Теперь нужно найти величину силы трения F в сечении A , которая является функцией s длины полосы. Известно, что сила трения равна произведению нормальной реакции N на коэффициент трения f : $F = fN$. Выделим элемент полосы длиной ds . Его вес определится умножением объема на плотность q материала полосы и на константу g : $a \cdot b \cdot q \cdot g \cdot ds$. Согласно рис. 2 нормальная реакция dN определится умножением полученного выражения на $\cos \varepsilon$: $dN = a \cdot b \cdot q \cdot g \cdot \cos \varepsilon \cdot ds$. Таким образом, сила трения для элемента полосы длиной ds запишется:

$$dF = fabqg \cos \varepsilon ds. \quad (11)$$

Интегрированием (11) получим силу трения в сечении в текущей точке A :

$$F = fabqg s \cos \varepsilon, \quad (12)$$

где: s – длина дуги AB осевой линии полосы (рис. 3).

Подставив выражение (12) в (10), получим:

$$dP = fabqg s \cos \varepsilon d\alpha. \quad (13)$$

Выделенный элемент полосы будем рассматривать в равновесии при проецировании действующих на него сил на орт нормали \bar{n} подобно частице в точке A (рис. 1). Кроме элементарной силы (13) в том же направлении действует элементарная центробежная сила, определяемая аналогично частице:

$$mkv^2 = mv^2 \frac{d\alpha}{ds}. \quad (14)$$

Подставим вместо m массу элемента полосы и получим выражение элементарной центробежной силы:

$$dF_y = abqv^2 \frac{d\alpha}{ds} ds. \quad (14)$$

Наконец, составляющая силы веса элемента полосы действует вдоль нормали в сторону центра кривизны и определяется выражением, стоящим в правой части равенства (2). Вместо массы m подставим ее выражение и получим:

$$dF_g = abqg \sin \varepsilon \cos \alpha ds. \quad (15)$$

Сложим элементарные силы (13), (14) и (15) с учетом направления, при этом силу (13) для удобства суммирования запишем в виде:

$$dP = fabqgs \cos \varepsilon \frac{d\alpha}{ds} ds. \quad (16)$$

После сложения сумму элементарных сил (14), (15) и (16) можно сократить на произведение $a \cdot b \cdot q \cdot ds$, то есть на массу элемента полосы. Полученное после этого выражение есть дифференциальным уравнением оси движущейся полосы, в котором неизвестной функцией является зависимость $\alpha = \alpha(s)$:

$$\alpha'(v^2 + fgs \cos \varepsilon) = g \sin \varepsilon \cos \alpha. \quad (17)$$

Таким образом, форма оси полосы не зависит от ее размеров и плотности материала. При $f=0$, то есть при отсутствии трения уравнение (17) совпадает с уравнением (2). Это означает, при движении гибкой несжимаемой полосы по абсолютно гладкой плоскости форма оси приобретает форму траектории отдельной частицы.

Уравнение (17) имеет решение:

$$\alpha = 2 \operatorname{Arctg} \left[\frac{e^c (v^2 + fgs \cos \varepsilon)^{\operatorname{tg} \varepsilon / f} - 1}{e^c (v^2 + fgs \cos \varepsilon)^{\operatorname{tg} \varepsilon / f} + 1} \right], \quad (18)$$

где: c – постоянная интегрирования.

Наличие решения (18) еще не означает возможности построения оси полосы при заданных условиях – скорости толкания полосы v , угла наклона плоскости ε и коэффициента трения f . Согласно (4) для получения параметрических уравнений оси полосы необходимо интегрировать выражения:

$$x = \int \cos \alpha ds; \quad y = \int \sin \alpha ds. \quad (19)$$

В общем случае при подстановке в (19) зависимости $\alpha=\alpha(s)$ (18) выражения (19) не могут быть проинтегрированы. Для получения кривой необходимо применение численных методов. Для частных случаев уравнения (19) в конечном виде найти удастся.

Во-первых, при $\varepsilon=0$ выражение (18) становится константой: $\alpha=const$. Согласно (19) ось полосы будет прямолинейной независимо от направления толкания, что очевидно, поскольку плоскость горизонтальная.

Во-вторых, выражения (19) могут быть проинтегрированы, если в (18) принять $f=tg\varepsilon$. Это означает, что угол наклона плоскости равен углу трения. Интегрирование выражений (19) дает следующие результаты:

$$x = \frac{1}{e^c g \sin \varepsilon} \ln \left[2 + 2e^{2c} (v^2 + gs \sin \varepsilon)^2 \right] + x_0,$$

$$y = s - \frac{2}{e^c g \sin \varepsilon} \operatorname{Arctg} \left[e^c (v^2 + gs \sin \varepsilon) \right] + y_0. \quad (20)$$

Постоянные интегрирования c, x_0, y_0 определяются из заданных начальных условий. Например, при $s=0$ нам необходимо получить $\alpha=\alpha_n$, где α_n – значение угла α в начальной точке (в точке B , рис. 3, поскольку начало отсчета дуги оси находится в ее конце по отношению к точке вступления на плоскость). Подставляем эти значения у (18) при $f=tg\varepsilon$ и получаем:

$$\alpha_i = 2 \operatorname{Arctg} \left[(e^c v^2 - 1) / (e^c v^2 + 1) \right]. \quad (21)$$

Разрешив (21) относительно постоянной c , получим:

$$c = \ln \left[\frac{\cos \frac{\alpha_n}{2} + \sin \frac{\alpha_n}{2}}{v^2 \left(\cos \frac{\alpha_n}{2} - \sin \frac{\alpha_n}{2} \right)} \right]. \quad (22)$$

Аналогично находим значения x_0, y_0 из (20), если мы хотим, чтобы при начальном значении длины дуги $s=s_0$ она начиналась из

заданной точки (например, из начала координат $x=0, y=0$).

Уравнения (20) дают возможность исследовать форму оси полосы для частного случая при $f=tg\varepsilon$. На рис. 5 построены кривые при $\varepsilon=45^\circ, v=2 \text{ м/с}, f=\operatorname{Arctg} \varepsilon$ и различных углах α_n . Однако по такому представлению трудно судить об изменении формы оси полосы по мере продвижения ее по наклонной плоскости. Для наглядности все кривые должны исходить из точки вступления полосы на плоскость. Для этого выбираем угол вступления полосы на плоскость (например, $\alpha_0=60^\circ$). Проводя под этим углом параллельные касательные к кривым, определяем точки касания и значение дуги $s=s_0$.

На рис. 5 нужные участки дуг построены утолщенной линией при изменении s в пределах $0 \dots s_0$ для каждой дуги. Следующий этап – построение этих кривых таким образом, чтобы их концы, соответствующие углу $\alpha_0=60^\circ$, исходили из одной точки. Это выполняем при помощи параллельного перенесения кривых определением нужных значений x_0, y_0 в уравнениях (20).

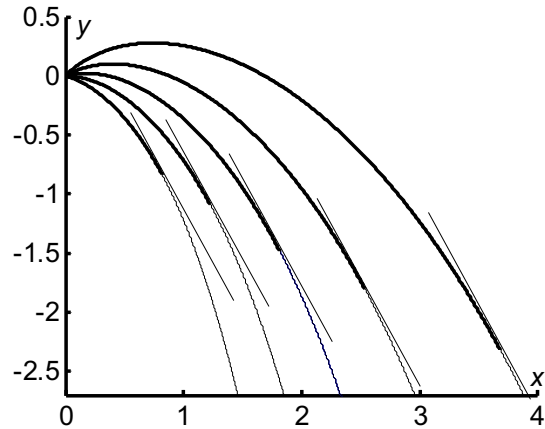


Рис. 5. Кривые оси гибкой полосы при разных значениях угла α_n

Fig. 5. Crooked axes of flexible bar at the different values of corner α_n

На рис. 6 все кривые исходят с начала координат. Они дают представление о том, как изменяется ось полосы, вступающей на плоскость под углом $\alpha_0=60^\circ$, по мере ее продвижения (при увеличении длины s). Штриховой линией показана кривая, по которой движется конец полосы при ее толкании в точке вступления на плоскость.

ФОРМА ОСИ ГИБКОЙ НЕСЖИМАЕМОЙ ПОЛОСЫ ПРИ ЕЕ ТОЛКАНИИ ПО НАКЛОННОЙ ШЕРОХОВАТОЙ ПЛОСКОСТИ С ПОСТОЯННОЙ СКОРОСТЬЮ

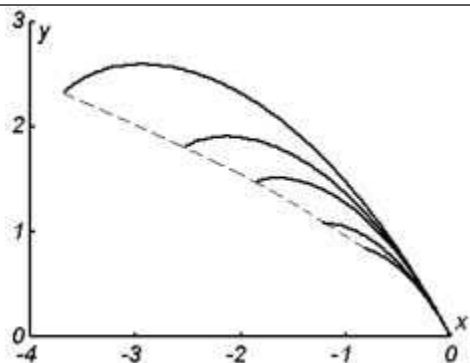


Рис. 6. Изменение оси гибкой полосы по мере ее продвижения по плоскости
Fig. 6. Change of the axis of flexible bar as far as its moving on a plane

Подобным образом на рис. 7 построены кривые, форму которых принимает ось полосы при увеличении скорости ее толкания.

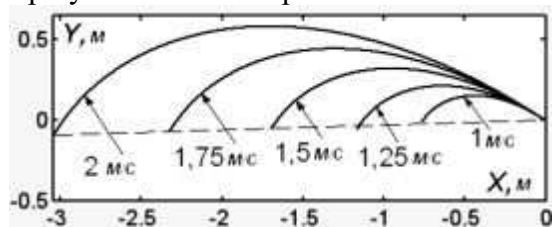


Рис. 7. Изменение оси гибкой полосы по мере увеличения скорости ее толкания
Fig. 7. Change of the axis of flexible bar as far as the increase of speed of its pushing

В случае, когда $f \neq \operatorname{tg} \varepsilon$, построение оси полосы осуществлялось численными методами. На рис. 8 и 9 построены кривые, аналогичные кривым на рис. 6 с той разницей, что в одном случае угол ε увеличен на 15° по отношению к углу трения (рис. 8), а во втором – уменьшен на 15° (рис. 9).

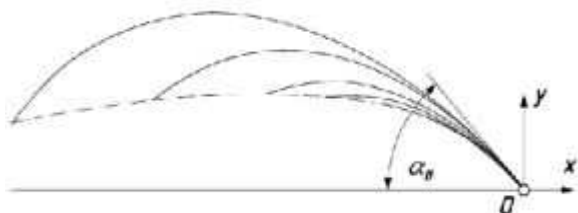


Рис. 8. Изменение оси гибкой полосы по мере ее продвижения по плоскости. $\varepsilon=60^\circ$, $f=1$, $\alpha_0=50^\circ$, $v=2 \text{ м/с}$
Fig. 8. Change of the axis of flexible bar as far as its moving on a plane. $\varepsilon=60^\circ$, $f=1$, $\alpha_0=50^\circ$, $v=2 \text{ м/с}$

Анализируя рисунки 6, 8, 9, можно сделать вывод, что отклонение угла наклона плоскости от угла трения в одну или другую

сторону не оказывает заметного влияния на форму оси движущейся полосы.



Рис. 9. Изменение оси гибкой полосы по мере ее продвижения по плоскости. $\varepsilon=30^\circ$, $f=1$, $\alpha_0=40^\circ$

Fig. 9. Change of the axis of flexible bar as far as its moving on a plane. $\varepsilon=30^\circ$, $f=1$, $\alpha_0=40^\circ$

На рис. 10 показано влияние на форму оси полосы коэффициента трения. При $f=0$ кривая имеет вертикальную ось симметрии и совпадает с траекторией движения отдельной частицы.

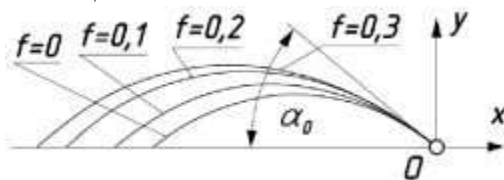


Рис. 10. Влияние на форму оси полосы коэффициента трения f . $\varepsilon=45^\circ$, $\alpha_0=40^\circ$, $v=2 \text{ м/с}$
Fig. 10. Influence on the form of axis of bar of coefficient of friction f . $\varepsilon=45^\circ$, $\alpha_0=40^\circ$, $v=2 \text{ м/с}$

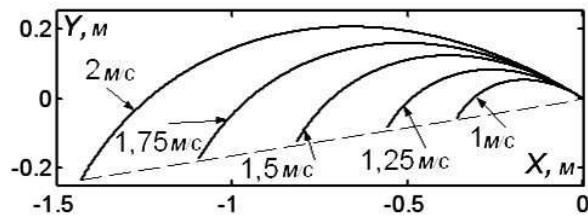


Рис. 11. Изменение оси гибкой полосы по мере увеличения скорости ее толкания. $\varepsilon=60^\circ$, $f=1$

Fig. 11. Change of the axis of flexible bar as far as increases of speed of its pushing. $\varepsilon=60^\circ$, $f=1$

Численными методами построены кривые, аналогичные кривым на рис. 7 с той разницей, что в одном случае угол ε увеличен на 15° по отношению к углу трения (рис. 11), а во втором – уменьшен на 15° (рис. 12). Во всех трех случаях угол α_n наклона конца полосы к оси Ox равен 60° , а также равны между собой углы α_0 вступления полосы на плоскость. По мере увеличения угла наклона ε плоскости дальность продвижения полосы в направлении оси Ox уменьшается.

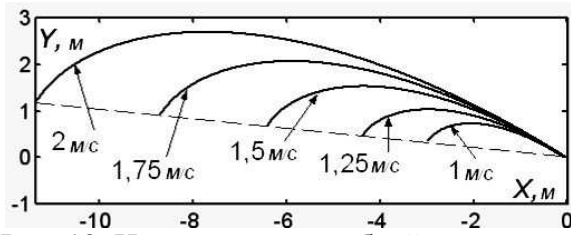


Рис. 12. Изменение оси гибкой полосы по мере увеличения скорости ее толкания. $\varepsilon=30^{\circ}, f=1$.

Fig. 12. Change of the axis of flexible bar as far as increases of speed of its pushing. $\varepsilon=30^{\circ}, f=1$.

Это также видно из рис. 13.

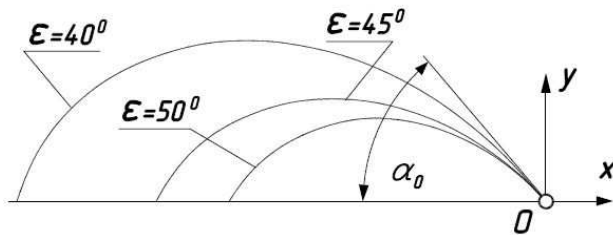


Рис. 13. Изменение оси гибкой полосы по мере увеличения угла ε наклона плоскости. $f=0,3, \alpha_0=50^{\circ}, v=2 \text{ м/с}$.

Fig. 13. Change of the axis of flexible bar as far as increases of corner ε inclination of the plane. $f=0,3, \alpha_0=50^{\circ}, v=2 \text{ м/с}$.

Анализ рисунков оси полосы при ее движении по шероховатой плоскости показывает, что кривизна оси наименьшая в точке вступления полосы на плоскость, а наибольшая – в конце полосы. Это объясняется тем, что выталкивающая сила, возникающая вследствие трения и препятствующая изгибанию полосы вниз, возрастает по мере приближения к точке вступления полосы на плоскость.

ВЫВОДЫ

На форму оси гибкой несжимаемой полосы, движущейся с постоянной скоростью по наклонной плоскости вследствие ее толкания в точке вступления на плоскость, влияют угол наклона плоскости, угол вступления на плоскость, коэффициент трения, скорость движения, длина полосы. В случае отсутствия трения форма оси полосы есть симметричная кривая и совпадает с траекторией движения отдельной частицы. Дифференциальное уравнение движения полосы имеет аналитическое решение в двух случаях: при отсутствии трения и при угле наклона плос-

кости, равному углу трения. Если в первом случае особенностью искомой кривой есть симметричность дуг подъема и спуска относительно линии наибольшего наклона плоскости, то во втором случае характерных особенностей не выявлено. Кривизна оси меньше в точке вступления на плоскость и возрастает по мере продвижения полосы по плоскости.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Vasilenko P.M. 1960. Teoriya dviganiya chastici po shorohovatomu poverhnostyam sel'skohozyaistvennykh mashin. – K.: UASHN, – 283.
2. Zaika P.M. 1992. Izbrannie zadachi zemledelcheskoj mehaniki. – K.: Izd-vo USHA, – 507.
3. Adamchuk V.V. 2003. Teoretichne doslidgennya rozgonu mineralnih dobriv rozsiyuvalnim organom / MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 6. – 113-126.
4. Kovbasa V.P. 2012. Analiz processa podachi zerna v rabochuyu kameru izmelchatelya / MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 14. No. 3. 47-55.
5. Lovejkin V.S. 2012. Optimizaciya regimov kolebanij zernovih smesej pri nalichii suhogo treniya / MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 14. No. 3. 140-147.
6. Pilipaka S.F. 2013. Rozrahunok pohiloyi poverhni skrebka gnoepribiralnoyi ustanovki / Visnik Harkivskogo nacionalnogo tehnicnogo universitetu silskogo gospodarstva imeni Petra Vasilenka. – Harkiv – Vip. 132. – 404-410.
7. Vojtyuk D.G. 1998. Proektuvannya polici pluga iz rozgortnoji poverhni za zadannoyu granich-noyu traektoriyu ruhu skibi / Visnik agrarnoji nauki. – K.: «Agrarna nauka» – № 1. – 47-49.
8. Vojtyuk D.G. 1999. Do viznachennya traektorij ruhu chastinok gruntu po cilindrichnih poverhnyah robocnih organiv gruntoobrobnyh znaryad / Zbirnik naukovih prac Nacionalnogo agrarnogo universitetu «Mehanizaciya silskogo gospodarstva». – Tom 5. «Suchasni problemi mehanizacii silskogo gospodarstva». – K.: NAU – 242-251.
9. Gortinskij V.V. 1980. Processi separirovaniya na zernopererabativayushih predpriyatiyah – 2-e

izd., pererab. i dop. – M.: Kolos – 304.

10. Blehman I.I. 1964. Vibracionnoe peremeshenie – M.: Nauka, – 410.

11. Linnik M.K. 2008. Doslidgennya ruhu materialnoi chastinki po vnutrishnij poverhni vertikalnogo cilindra, yakij zdiysnyue planetarnij ruh / Mehanizaciya ta elektrifikaciya silskogo gospodarstva. Migvidomchij tematichnij naukovij zbirnik. – Glevaha – Vip. 92. – 49-62.

12. Bulgakov V.M. 2010. Teoriya dvigeniya chastici v centrobegnom visevayushem aparate / MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 12. 122-131.

13. Vojtyuk D.G. 2002. Znahodgennya traektorii ruhu materialnoi chastinki po gravitacijnih linijchatih poverhnyah iz gorizontalnimi tvirnimi / Zbirnik naukovih prac «Mehanizaciya silskogospo-darskogo virobnictva». – T.12. – K.: NAU – 58-69.

14. Pylypaka S.F. 2002. Motion of a mass point on a helical ruled surface / Proceedings of the 10th international conference on geometry and graphics. – Kyiv, – Volume 1. – 53-55.

15. Vojtyuk D.G. 2003. Znahodgennya traektorii ruhu materialnoi tochki po gravitacijnij rozgortnij poverhni na prikladi rozgortnogo gelikoida / MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 6. 113-126.

16. Pilipaka S.F. 2010. Doslidgennia ruhu chastinki po vnutrishnij poverhni pohilogo cilindra, sho obertaetsya navkolo vlasnoyi osi / MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 12B. 115-120.

17. Vojtyuk D.G. 2003. Znahodgennya traektorii ruhu materialnoi chastinki po vnutrishnij poverhni vertikalnogo cilindra pri bokovij podachi materialu / Visnik Harkivskogo dergavnogo tehnicnogo universitetu silskogo gospodarstva. – Vip. 20. «Mehanizaciya silskogo gospodarstva». – Harkiv – 91-99.

18. Linnik M.K. 2006. Doslidgennya ruhu materialnoi chastinki po vnutrishnij poverhni stacionarnogo cilindra / Visnik agrarnoi nauki. – K., – № 2. – 48-54.

19. Gyachev L.V. 1961. Teoriya lemешnotvalnoj poverhnosti – Zernograd, – 317.

20. Bulgakov V.M. 2009. Ruh chastinki po poverhni strichki transportera, dovilno orijentovanoi u prostori / Visnik Dnepropetrovskogo dergavnogo agrarnogo universitetu. – № 2. – 40-49.

FORM OF AXIS OF FLEXIBLE IN-COMPRESSIBLE BAR AT ITS PUSHING ON ROUGH RAMP WITH PERMANENT SPEED

Summary. Worked out differential equations of the motion of flexible incompressible bar on a rough ramp at its pushing with permanent speed. The special cases of the motion are considered without friction, at the different angles of slope of plane, at the different corners of entry of bar on a plane. The form of axis of bar for the considered cases was found by the numeral methods of integration.

Key words: flexible incompressible bar, rough ramp, speed of movement, form of axis.

МОЩНОСТЬ ПОТРЕБЛЕНИЯ И ФАЗОВЫЙ СДВИГ МЕЖДУ НАПРЯЖЕНИЕМ И ТОКОМ НАКЛАДНОГО КОЛЬЦЕВОГО ЭКРАНИРОВАННОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НАД ПРОВОДЯЩЕЙ ПЛАСТИНОЙ

Андрей Яцун

Львовский национальный аграрный университет

г. Дубляны, ул. Владимира Великого 1

Andriy Yatsun

Lviv National Agrarian University

Аннотация: Исследованы чувствительности потребляемой мощности и угла сдвига фаз между напряжением и током в начальный момент времени накладного экранированного кольцевого первичного преобразователя прямоугольного поперечного сечения над проводящей пластиной как объектом контроля к ее магнитной проницаемости и электрической проводимости после выключения первичной измерительной цепи с конденсатором от источника постоянного напряжения

Ключевые слова: неразрушающий контроль, накладной преобразователь, затухающие колебания, переходное напряжение, преобразование Лапласа, измерительная цепь, потребляемая мощность, сдвиг фаз.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Исследование и разработка средств неразрушающего электромагнитного контроля геометрических размеров и физико-механических параметров электропроводных материалов, деталей и изделий включают вопрос чувствительности информативных величин в соответствующие размеры и параметры.

В случае первичного преобразователя параметрического типа для контроля материалов и изделий импульсным вихретоковым методом информативными величинами могут служить потребляемая мощность и угол сдвига фаз между напряжением и током после выключения первичной измерительной цепи с конденсатором (рис. 1) от источника постоянного напряжения [2], когда возникают в цепи собственные затухающие колебания, которые периодически повторяются при питании цепи преобразователя импульсами прямоугольной формы.

Эти вопросы (особенности) и рассматриваются в данной статье.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В литературе [1] обоснована форма напряжения питания и тока в обмотке возбуждения вихретокового преобразователя, дана оценка характера коммутации и определены основные величины первичной измерительной цепи для выделения полезной информации об объекте контроля на обмотках возбуждения и измерения. В литературе [2 и 3] получено выражение в операторной форме для напряжения на обмотке возбуждения накладного экранированного кольцевого первичного преобразователя прямоугольного поперечного перереза (датчика) над проводящей пластиной (объектом контроля) после выключения первичной измерительной цепи с конденсатором от источника постоянного напряжения и исследованные зависимости начальной величины и амплитуды, частоты и коэффициента затухания переходного напряжения датчика от относительной магнитной проницаемости и удельной электрической проводимости.

ПОСТАНОВКА ЗАДАНИЯ

Целью исследования является исследование чувствительности потребляемой мощности и угла сдвига фаз между напряжением и током в начальный момент времени накладного экранированного кольцевого первичного преобразователя прямоугольного поперечного сечения над проводящей пластиной как объектом контроля к ее магнитной проницаемости и электрической проводимости после выключения первичной измерительной цепи с конденсатором от источника постоянного напряжения (рис. 1).

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Из [2] для напряжения в форме преобра-

МОЩНОСТЬ ПОТРЕБЛЕНИЯ И ФАЗОВЫЙ СДВИГ МЕЖДУ НАПРЯЖЕНИЕМ И ТОКОМ НАКЛАДНОГО КОЛЬЦЕВОГО ЭКРАНИРОВАННОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НАД ПРОВОДЯЩЕЙ ПЛАСТИНОЙ

зования за Лапласом (в операторной форме) на обмотке возбуждения накладного экранированного кольцевого первичного преобразователя прямоугольного поперечного пере-реза над проводящей пластиной (рис. 2) и тока в этой обмотке после выключения первичной измерительной цепи с конденсатором от источника единичного постоянного напряжения получим выражения:

$$U_1 = -I_1 Z_p + \frac{U_{1p}}{p}; \quad I_1 = \frac{U_{10}}{Z_{1p}}, (1)$$

где: $Z_p = \frac{1}{pC_1}; U_{1p} = \frac{R_1}{R_d + R_1};$

$$Z_{1p} = Z_1 + Z_p; \quad Z_1 = R_1 + pL_1;$$

$$L_1 = L_{10} + L_{1b}; \quad S_1 = \int_{r_1}^{r_2} J_1(p_1 r) r dr;$$

$$U_{10} = U_{1p}/p + L_{1k} I_{1p}; \quad U_{1p} = R_1/(R_d + R_1);$$

$$L_{1k} = L_1|_{p=0}; \quad L_1 = L_{10} + L_{1b};$$

$$I_{1p} = 1/(R_d + R_1);$$

$$L_{10} = \frac{4\pi\mu_0 W_1^2}{a_1^2 b_1^2} \sum_{i=1}^{\infty} \frac{a_1^2 S_1^2}{\lambda_i^2 J_0^2(\lambda_i)} \times \left[b_1 + \frac{Y_{01} ch(p_1 z_1) - Y_{91} ch[p_1(H - z_2)]}{p_1 sh(p_1 H)} \right];$$

$$L_{1b} = \frac{4\pi\mu_0 W_1^2 R}{a_1^2 b_1^2} \sum_{i=1}^{\infty} \frac{S_1^2 Y_{01}^2 Y_1}{\lambda_i^3 J_0^2(\lambda_i) Y sh(p_1 H)};$$

$$Y = th(p_2 d_2) [p_2^2 sh(p_1 d_1) sh(p_1 d_3) + \mu_r^2 p_1^2 \times ch(p_1 d_1) ch(p_1 d_3)] + \mu_r p_1 p_2 sh[p_1(d_1 + d_3)];$$

$$Y_1 = th(p_2 d_2) [p_2^2 sh[p_1(d_2 + d_3)] \times sh(p_1 d_3) - \mu_r^2 p_1^2 ch(p_1 d_3) \times ch[p_1(d_2 + d_3)]] + \mu_r p_1 p_2 sh(p_1 d_2)$$

$$Y_{01} = ch[p_1(H - z_2)] - ch[p_1(H - z_1)];$$

$$Y_{91} = ch(p_1 z_2) - ch(p_1 z_1); \quad \mu = \mu_r \mu_0;$$

$$p_1 = \lambda_i/R; \quad p_2 = \sqrt{p_1^2 + p\mu\gamma};$$

где: J_0 – функция Бесселя первого рода нулевого порядка; J_1 – функция Бесселя первого рода первого порядка; λ_i – корни уравнения

$$J_1(\lambda) = 0.$$

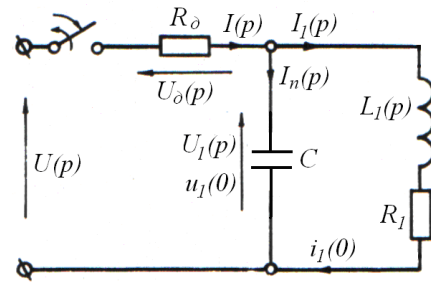


Рис.1. Принципиальная схема первичного измерительной цепи вихретокового преобразователя

Fig. 1. Circuit diagram of primary measuring chain of eddy current transducer

На рис. 2 и в поданных выражениях приняты следующие обозначения: μ_0 – магнитная постоянная; μ_r и γ – относительная магнитная проницаемость и удельная электрическая проводимость пластины толщиной d_2 ; d_1 и d_3 – толщина слоя воздуха над и под пластиной; r_1 и r_2 – внутренний и внешний радиусы обмотки возбуждения; a_1 и b_1 – ширина и высота обмотки возбуждения; z_1 и z_2 – нижняя и верхняя ординаты обмотки возбуждения; W_1 – количество витков обмотки возбуждения; R и H – радиус и высота экрана.

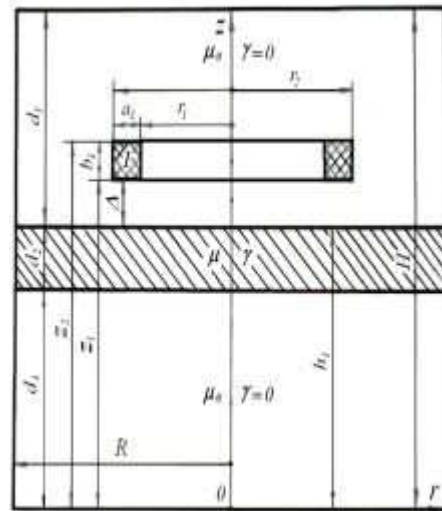


Рис. 2. Расчетная модель накладного экранированного кольцевого первичного датчика над электропроводной пластиной
Fig. 2. Calculating model of plated screen of primary ring transducer over an conductive plate

Приближение изображений за Лапласом (1) выражениями:

$$U_1(p) = \frac{C_u(p + q_u)}{(p + \delta)^2 + \omega^2}, \quad (2)$$

$$I_1(p) = \frac{C_i(p + q_i)}{(p + \delta)^2 + \omega^2}$$

и переход от них к переходным величинам (затухающим колебаниям) напряжения и тока в обмотке возбуждения:

$$\begin{aligned} u_1(t) &= U_{1m} e^{-\delta t} \sin(\omega t + \psi_u), \\ i_1(t) &= I_{1m} e^{-\delta t} \sin(\omega t + \psi_i) \end{aligned} \quad (3)$$

выполнены методом, предложенным в литературе [4], где:

$$\begin{aligned} U_{1m} &= C_u \sqrt{(q_u - \delta)^2 + \omega^2} / \omega; \\ \psi_u &= \text{ath}[\omega / (q_u - \delta)]; \\ I_{1m} &= C_i \sqrt{(q_i - \delta)^2 + \omega^2} / \omega; \\ \psi_i &= \text{ath}[\omega / (q_i - \delta)]. \end{aligned}$$

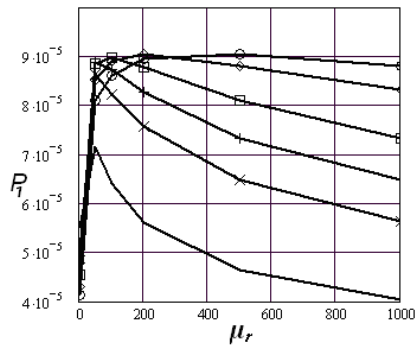


Рис. 3. Зависимость потребляемой мощности датчика в начальный момент времени от относительной магнитной проницаемости при разных значениях удельной электрической проводимости γ (МСм/м):

Fig. 3. Dependence of power consumption of the transducer during the initial moment of time from relative magnetic permeability at different specific electric conductivity values γ (MSm/m):

— 10^5 ; $\times\times\times$ 10^6 ; $+++$ $5 \cdot 10^6$;
 $\square\square\square$ 10^7 ; \diamond $2 \cdot 10^7$; $\circ\circ\circ$ 10^8

На рис. 3-6 приведены результаты расчетов в программной среде MathCAD зависимостей потребляемой мощности $P_1 = U_{1m} I_{1m} \cos(\psi_u - \psi_i) / 2$ и угла сдвига фаз (в радианах) между напряжением и током $\varphi = (\psi_u - \psi_i)$ в начальный момент времени накладного экранированного кольцевого первичного преобразователя прямоугольного поперечного сечения над проводящей пластиной от ее магнитной

проницаемости и электрической проводимости.

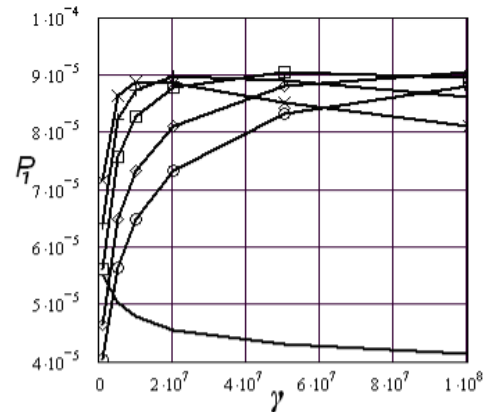


Рис. 4. Зависимость потребляемой мощности датчика в начальный момент времени от удельной электрической проводимости при разных значениях относительной магнитной проницаемости μ_r :

Fig. 4. Dependence of power consumption of the transducer during the initial moment of time from specific electric conductivity at different relative magnetic permeability values μ_r :

— 1 ; $\times\times\times$ 5 ; $+++$ 20 ;
 $\square\square\square$ 50 ; \diamond 100 ; $\circ\circ\circ$ 1000

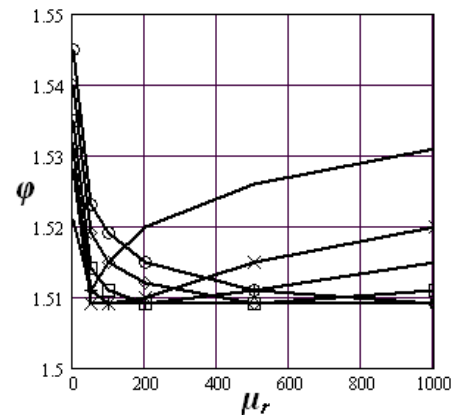


Рис. 5. Зависимость угла сдвига фаз (в радианах) между напряжением и током датчика в начальный момент времени от относительной магнитной проницаемости при разных значениях удельной электрической проводимости γ (МСм/м):

Fig. 5. Dependence of a phase shift (in radians) between voltage and a current the transducer during the initial moment of time from relative magnetic permeability at different specific electric conductivity values γ (MSm/m):

— 10^5 ; $\times\times\times$ 10^6 ; $+++$ $5 \cdot 10^6$;
 $\square\square\square$ 10^7 ; \diamond $2 \cdot 10^7$; $\circ\circ\circ$ 10^8

МОЩНОСТЬ ПОТРЕБЛЕНИЯ И ФАЗОВЫЙ СДВИГ МЕЖДУ НАПРЯЖЕНИЕМ И ТОКОМ НАКЛАДНОГО КОЛЬЦЕВОГО ЭКРАНИРОВАННОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НАД ПРОВОДЯЩЕЙ ПЛАСТИНОЙ

Эти расчеты выполнены для следующих значений параметров и геометрических размеров (размеры поданы в м): $W_1 = 1000$; $R = 0,1$; $H = 0,1$; $d_1 = 0,05$; $d_2 = d = 0,01$; $d_3 = 0,04$; $r_1 = 0,015$; $r_2 = 0,025$; $a_1 = b_1 = 0,01$; $z_1 = 0,055$; $z_2 = 0,065$. Параметры элементов первичной измерительной цепи (рис. 1): $R_1 = 100$ Ом; $R_d = 1000$ Ом; $C_1 = 10^{-8}$ Ф. Принято также, что измеримый круг питается периодическими импульсами напряжения прямоугольной формы величиной в 1 В.

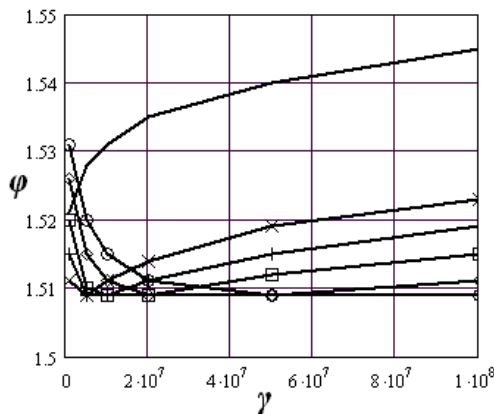


Рис. 6. Зависимость угла сдвига фаз (в радианах) между напряжением и током датчика в начальный момент времени от удельной электрической проводимости при разных значениях относительной магнитной проницаемости μ_r :

Fig. 6. Dependence of a phase shift (in radians) between voltage and a current the transducer during the initial moment of time from specific electric conductivity at different relative magnetic permeability values μ_r :

— — — 1; ×××× 5; +++ 20;
 ■■■ 50; —●— 100; ●●● 1000

ВЫВОДЫ

Из результатов расчетов, приведенных на рис. 3 и 4, можно сделать вывод, что зависимости потребляемой мощности и угла сдвига фаз (в радианах) между напряжением и током датчика в начальный момент времени от относительной магнитной проницаемости и удельной электрической проводимости не являются однозначными и монотонными на всем приведенном диапазоне изменения параметров (μ_r и γ) и имеют перегибы при определенных значениях этих па-

раметров. Поэтому потребляемая мощность может служить информативным параметром относительно магнитной проницаемости только в диапазоне относительно больших значений ($\mu_r \geq 200$) и средних значений электрической проводимости ($\gamma = 10^5 \div 10^7$ МСм/м) объекта контроля, причем с увеличением магнитной проницаемости мощность уменьшается, а с увеличением электрической проводимости – возрастает.

Зависимости угла сдвига фаз между напряжением и током датчика в начальный момент времени от относительной магнитной проницаемости и удельной электрической проводимости изменяются в узких пределах и являются однозначными и монотонными в следующих пределах: $\mu_r \geq 400$ и $\gamma \leq 5 \times 10^6$; $\mu_r \leq 50$ и $\gamma \geq 4 \times 10^7$ МСм/м, что видно из рис. 5 и 6.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Yatsun A. 2005. Vydilennya informatsiyi vykhrostrumovoho peretvoryuvacha na elementakh pervynnoho vymiryuval'noho kola u perekhidnomu rezhymi / Teoretychna elektrotehnika. Vyp. 58. – 183-188.
2. Yatsun A. M., Yatsun M. A. 2008. Chutlyvist' kharakterystyk vlasnykh zahasayuchykh kolyvan' perekhidnoyi napruhy nakladnoho vykhrostrumovoho peretvoryuvacha nad ob'yektom kontrolyu u formi plastyny do yiyi mahnitnoyi pronyknosti i elektrychnoyi providnosti // Visnyk NU «L'vivs'ka politehnika». № 615. – 176-181.
3. Yatsun A.M. 2008. Chutlyvist' informatyvnykh velychyn do fizychnykh parametriv ob'yekta pry kontroli impul'snym vykhrostrumovym metodom / Zbirnyk tez dopovidey 5-yi Mizhnarodnoyi naukovotekhnichnoyi konferentsiyi i vystavky "Suchasni pryklady, materialy i tekhnolohiyi dlya neruynivnoho kontrolyu i tekhnichnoyi diahnostryky mashynobudivnoho i naftohazopromyslovoho obladdannya", – Ivano-Frankivs'k.: Vydavnytstvo Ivano-Frankivs'koho natsional'noho tekhnichnoho universytetu nafty i hazu, – 133-135.
4. Yatsun A. M. 2010. Nablyzhena chyslova realizatsiya zvorotnoho peretvorennya Laplasy zahasayuchykh kolyvan' u razi neruynivnoho kontrolyu impul'snym vykhrostrumovym

- metodom / Visnyk NU «L'viv's'ka politehnika». № 671. – 140–146.
5. Yatsun A. M. 2010. Nablyzhena chyslova realizatsiya zvorotnoho peretvorenniya Laplasya za hasayuchykh kolyvan' u razi neruynivnoho kontrolyu impul'snym vykhrostrumovym metodom / VisnykNU «L'viv's'ka politehnika». № 671. – 140-146.
6. JacunAndrij. 1996. The alternating electric field of disk form capacity data unit with a washer above the imperfect medium / Mychajło Jacun, Mycoła Hirnyk, Andrij Jacun. // XIX SPETO'96, Vol. 1.2 – Gliwice.: USTRON' – 225-227.
7. Jacun Andrij, Jacun Mychajło, Skokljuk Mycoła. 1997. The magnetic field of screen cylindrical winding at the ferromagnetic core // XX SPETO'97, Vol. 1.2, – Gliwice.: USTRON' – 155-158.
8. Yatsun Andriy, Yatsun Mychaylo 1998. The current distribution at the squirrel-cage induction motor rotor winding by the local defects determination electromagnetic method // XXI SPETO'98, – Gliwice.: USTRON', – 409-410.
9. Andriy Yatsun. 1998. The own DW mode of primary measuring circuit with the screen waybill variable-capacitance transducer // XXI SPETO'98, – Gliwice.: USTRON', – 411-412.
10. Yatsun A.M. 2011. Pulsatsiyi strumiv v obmottsi statora asinhronnogo dviguna za nayavnosti defektiv u strizhnyah klitki rotora // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 13D. 203-209.
11. Goshko M.O., Drobot I. M. 2011. Shlyahi zmeshennya energospozhivannya elektroprivodiv na prikladi tehnologichnogo protsesu kormopodribnennya // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 13D. 50-56.
12. Paranyuk V.O., Kovalishin S.Y. 2011. Energooshchadne separuvannya nasinnya kulturnih roslin // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 13D. 95-103.
13. Sirotiyuk V.M. 2011. Eksperymentalne doslidzhennya rezhimiv roboti energooshchadnogo vibratsiynogo dozatora sipuchih kormiv / MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 13D. 62-68.
14. Sirotiyuk V. M. 2011. Osoblivosti modelyuvannya elektromehanichnih sistem vitroustanovok maloyi potuzhnosti / MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 13D. 251-257.
15. Sirotiyuk V. M. 2011. Uzgodzhennya parametriv akumul'yatornoyi batareyi z parametrami elektrichnogo generatora VEU v umovah minlivosti vitrovogo potoku / Galchak V.P., Sirotiyuk S.V. Boyarchuk V.M., Vorobkevich V.Yu. // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 13D. 217-222.
16. Paranyuk V. O. 2012. Vidtvorennya produktivnosti agrolandshaftiv elektromagnitnimi diyami na nasinnya kulturnih roslin (deklaratsiya naukovogo vidkritt'ya). / MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 14. No. 4. 3-10.
17. Sirotiyuk V. M. 2012. Teoretichne viznachennya podachi vibratsiynogo energooshchadnogo dozatora sipuchih kormiv. / MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 14 No. 4. 106-109.
18. Sirotiyuk V. M. 2012. Obgruntuvannya strukturi peredavalnih pristroyiv vitroelektrichnih ustanovok silskogospodarskogo pryznachennya / MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 14 No. 4. 75-83.
19. Yakimets V. T. 2012. Distantnyi zahist mashin zminnogo strumu. / MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 14 No. 4. 160-164.
20. Yatsun M. A. 2004. Elektrichni mashini: navch. posibnik / 2-e vid., stereot. – L'viv : Vidavnytvo Nacional'nogo universitetu «L'viv's'ka politehnika» – 440. – ISBN 966-553-403-3.

POWER OF CONSUMPTION AND PHASE DISPLACEMENT BETWEEN VOLTAGE AND A CURRENT OF THE COVERING RING CAPACITOR TRANSDUCER OVER A CONDUCTING PLATE

Summary: The sensitivities of power consumption and phase displacement between voltage and current in initial time of the covering ring capacitor transducer of rectangular cross-section above conducting plate as testing object

МОЩНОСТЬ ПОТРЕБЛЕНИЯ И ФАЗОВЫЙ СДВИГ МЕЖДУ НАПРЯЖЕНИЕМ И ТОКОМ НА-
КЛАДНОГО КОЛЬЦЕВОГО ЭКРАНИРОВАННОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НАД ПРОВОДЯЩЕЙ
ПЛАСТИНОЙ

to its permeance and electric conductivity after the primary measuring chain with a condenser is disconnect of source of permanent tension has been explored

Key words: nondestructive testing, covering transducer, dying oscillation, voltage transient, Laplace transformation, measuring chain, power of consumption, phase displacement

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СУШКИ СЫПУЧЕГО СЫРЬЯ В КОНВЕКТИВНО-ФИЛЬТРАЦИОННОЙ ВИБРОЦЕНТРОБЕЖНОЙ МАШИНЕ

*Игорь Паламарчук, Оксана Зозуляк, Александр Герасимов р
Винницкий национальный аграрный университет*

г. Винница, ул. Солячка 3

*Palamarchuk Igor, Zozulyak Oksana, Gerasimov Oleksandr
Vinnytsia national agrarian university*

Аннотация. В работе приведены примеры регулирования тепломассообменных процессов. Были рассмотрены и разработана принципиальная схема системы автоматического регулирования и измерения энергетических и пространственных параметров вибрационных тепломассообменных процессов.

Ключевые слова: сушка, процесс, тепломассообмен, регулирование, вибрация.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из наиболее часто используемых и более энергоемким есть процесс конвективной сушки.

В этом случае важным вопросом есть сокращение энергозатрат. Это может быть достигнуто путем выбора соответствующей технологии сушки и использование дополнительных факторов интенсификации процесса [5].

Сушка как процесс удаления из системы жидкости вследствие подвода к ней теплоты зависит от действия градиентов как температур, так и концентраций (подразумевается разница между концентрациями жидкого элемента в одной из взаимодействующих фаз и его равновесной концентрации в этой фазе), что обуславливает сушку как тепломассообменный процесс. Также интенсивность сушки зависит от условий переноса тепла и массы внутри тела и на границе раздела фаз, то есть определяется условиями тепломассообмена в системе. Улучшение в данных условиях достигается, в основном, или за счет повышения динамичности внешнего силового поля, или вследствие повышения площади контакта взаимодействующих фаз [15, 20]. В настоящее время этот эффект реализуется пневмосистемах, в «вибрационном поле» или при комбинированных действиях данных силовых факторов, когда в системе воз-

никает псевдооживленный слой высушиваемого материала. Основными технологическими преимуществами кипящего слоя является высокая интенсивность процессов переноса теплоты (объемный коэффициент теплообмена, отнесен к слою материала, равный 5000-13000 ккал/см². ч. град) и связанные с этим низкие перепады температур внутри самого слоя. Кроме того, в процессе теплообмена происходит ударение частиц и, как следствие, турбулизация и деформация пограничных слоев обрабатываемого материала, что повышает активную поверхность взаимодействия фаз. Данный метод обработки используется при сушке зернистой, сыпучей, пастообразной и вязкой продукции [19, 16].

Среди особенностей исследуемой системы является сложная механическая и физико-механическое воздействие на сыпучее сырье в условиях создания ее виброоживленного слоя предопределяет высокий потенциал интенсификации обработки и актуальность разработки системы ее эффективного регулирования [12, 14].

ПОСТАНОВКА ЗАДАНИЯ

Целью исследования является разработка способа автоматического регулирования процесса сушки сыпучего сельскохозяйственного сырья при условии сочетания при обработке процессов центрифугирования и действия знакопеременных нагрузок.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Среди известных систем регулирования тепломассообменных процессов можно определить следующие.

В сушке-грануляторе (рис. 1) сигналы, пропорциональные влажности теплоносителя на выходе аппарата, поступают соответ-

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СУШКИ СЫПУЧЕГО СЫРЬЯ В КОНВЕКТИВНО-ФИЛЬТРАЦИОННОЙ ВИБРОЦЕНТРОБЕЖНОЙ МАШИНЕ

венно из датчиков 3 и 4 на вычислительный блок 7. Сюда же направляют сигнал с расходомера 5, пропорциональный подачи теплоносителя, и сигнал, пропорциональный влажности исходного материала с датчика 2. Вычислительный блок 7 производит корректирующий сигнал стабилизирующего регулятора 8, который оказывает влияние на исполнительный механизм 9 подачи материала в зависимости от сигналов с расходомера 6 и измерительного блока 7.

При этом перепад давления в сушилке - грануляторе 1, пропорциональный массе взвешенного слоя, который стабилизирует цепь, состоящий из датчиков 14 давления, сигналы с которых поступают на манометр 15 регулятора 16 и исполнительного механизма 17, который изменяет величину выдержки готового продукта.

Температура теплоносителя регулируется изменениями подачи топлива в печь 13 исполнительным механизмом 12 согласно сигнал, который передается из регулятора 11 и является пропорциональным температуре теплоносителя аппарата.

Также эффективным способ управления процессом термообработки виброоживонного материала (рис. 2), включает в себя топку 1, сушильную камеру 2 с решеткой 3. Система автоматического управления содержит датчик 4 расхода топлива, датчик 5 расхода воздуха, датчик 6 температуры сушильного агента, датчик 7 порозности взвешенного слоя, регулятор 8 температуры сушильного агента, регулятор 9 соотношения топливо - воздух, корректирующий регулятор 10 порозности, корректирующий регулятор 11 температуры сушильного агента, и регулирует устройство 12 на линии подачи топлива в топку 1 которая регулирует устройство 13 на линии подачи воздуха.

Разрабатываемый способ управления процессом термообработки материала установки кипящего слоя реализуется путем измерения и регулирования температуры сушильного агента на входе в агрегат, измерения расхода топлива и воздуха, который поступает в топку, выявление соотношения полученных расходов по полученным значениям изменения расхода воздуха. С целью улучшения качества процесса термообработки, дополнительно

находят порозность кипящего слоя и по его величине корректируют соотношение расхода топлива и воздуха.

Коррекцию соотношения расхода топлива и воздуха осуществляется с изменением температуры сушильного агента [18].

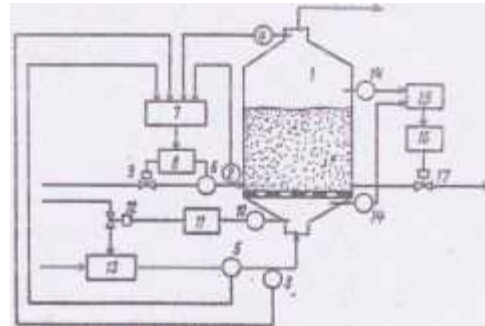


Рис. 1. Способ автоматического регулирования процесса сушки материалов во взвешенном слое.

Fig. 1. A method of automatic control of the process of drying material in suspension layer.

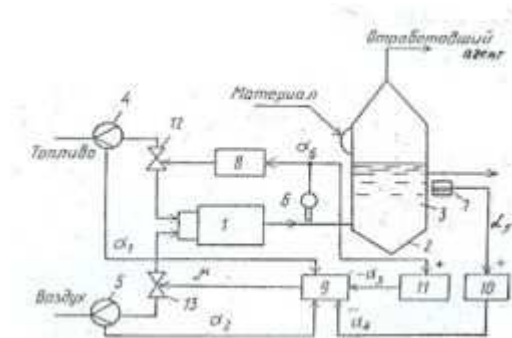


Рис. 2. Способ управления процессом термообработки материала установки кипящего слоя.

Fig. 2. Method of heat treatment process control settings boiling material layer.

Система управления процессом сушки зерна содержит датчики 1 (рис. 3) температуры зерна, коммутатор 2, нормирующий преобразователь 3, блок 4 сравнения, блок 5 задержки, блок 6 управления, блок 7 индикации и регулятор 8 температуры нагрева.

Система управления процессом сушки работает следующим образом.

Коммутатор 2 последовательно, циклически подключает датчики 1

температуры к нормирующему преобразователю 3.

Выходной сигнал нормирующего преобразователя 3 в виде напряжения постоянного тока, пропорционального температуре зерна, поступает на блок 7 индикации и блок 4 сравнения. Блок 7 индикации превращает этот сигнал и информация о температуре в форме десятичного числа выводится на цифровые индикаторы блока 7 индикации. На второй вход блока 4 сравнения поступает сигнал постоянного тока с датчика 8 температуры нагрева.

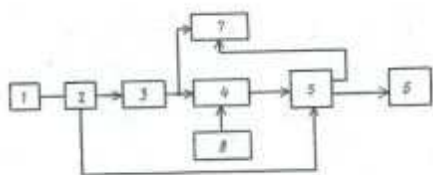


Рис. 3. Система управления процессом сушки зерна.

Fig. 3. Control system for process of drying grain.

Если в процессе циклического опроса датчиков 1 температуры выходное напряжение преобразователя 3 превышает напряжение регулятора 8, блок 4 сравнения переключит узел управления, соответствующего датчика, который опрашивается. Узел, который переключился обеспечивает подачу импульсов генератора на вход соединенного с ним счетчика.

Если температура этого датчика не снизится в течение заданной временной установки, на выходе счетчика и, соответственно, на выходе блока 5 задержки появится сигнал, который поступает на блоки 6 и 7. По этому сигналу блок 6 управления уменьшит подачу тепла в массу зерна.

Введение в систему управления блока 5 задержки, входы которого подключены к коммутатору 2 и блока 4 сравнения, а выходы соединены с входами блока 7 индикации и блока 6 управления, позволяют уменьшить число срабатываний исполнительных механизмов, с помощью которых регулируется подача теплоносителя в сушилку, что в конце концов приводит к снижению неравномерности по влажности

зерна на выходе сушилки, т.е. повышение его качества.

На основе проведенного аналитического обзора существующих способов и средств вибрационной обработки в сочетании с влаговыведением была разработана принципиальная схема системы автоматического регулирования и измерения энергетических и пространственных параметров вибрационных теплообменных процессов.

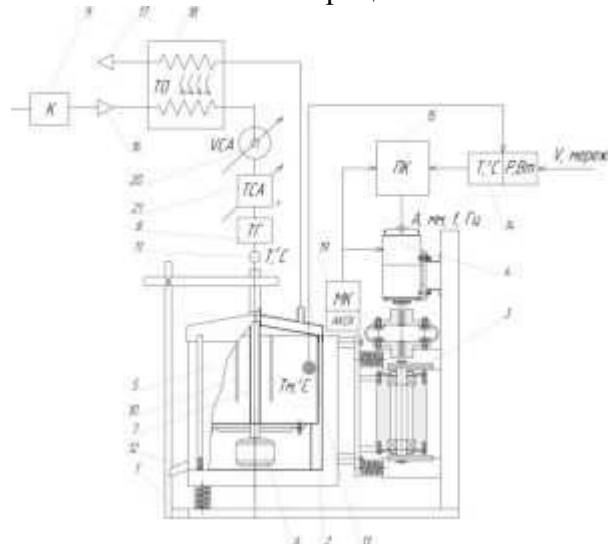


Рис. 4. Функциональная схема конвективно-фильтрационной виброцентробежной машины.

Fig. 4. Functional diagram of convective filtration vibratory centrifugal machines.

В состав системы входит микроконтроллерное устройство измерения и автоматического регулирования энергетических и тепловых параметров процесса 14; датчик параметров вибраций сушильной камеры 19; персональный компьютер 15 со соответствующим программным обеспечением. Такая система взаимодействует с следующими устройствами: регуляторами мощности с аналогово-цифровым управлением 21; регуляторами частоты вращения двигателей вентиляторов 20; управляемым генератором токов электромагнитного вибровозбудителя 13.

Вибрационная фильтрационно-осмотическая экспериментальная сушилка состоит из центрифуги 5, которая с помощью упругих элементов крепится к раме 1. Вибрационные колебания корпуса машины предоставляются с помощью дебалансного

вибропривода 3, который приводится в движение с помощью электродвигателя 4. Ротор центрифуги 2 вращается двигателем 6. По периферии ротора размещены электроды электроосмотического устройства 10. Для подведения теплоагента, который нагнетается компрессором 9 и нагревается в теплогенераторе 8, в корпусе центрифуги размещен перфорированный патрубок.

Микроконтроллерное (МК) - устройство работает следующим образом. В ротор 2 фильтрующей центрифуги 5 подается высоковлажное сырье. Под действием центробежных сил из сырья удаляется свободная влага через патрубок 12. Для разрушения уплотненного слоя продукта, который образуется после центрифугирования у стенки перфорированного ротора создаются вибрационные колебания с помощью вибропривода 3. Через перфорированный патрубок 7 подается в ротор центрифуги горячий воздух, который нагревается в теплообменнике 18. Температура и скорость (количество) воздуха регулируется с помощью регуляторов мощности теплогенератора 21; и регуляторами частоты вращения двигателей вентилятора 20. В роторе слой материала приводится в псевдооживонное состояние вследствие совместного действия вибрации и потока сушильного агента. При интенсивном перемешивании обеспечивается равномерный нагрев и сушка отдельных частиц материала, т.е. происходит активный процесс тепломассообмена. Сушка реализуется как конвективным, так и кондуктивным методами. В тот момент, когда частицы сыпучего материала находятся между поверхностями перфорированного патрубка и перфорированного ротора проходит процесс конвективной сушки, непосредственно благодаря контакту с нагретыми данным поверхностями, через которую проходить сушильный агент, осуществляя кондуктивную передачу тепла.

Отработанный сушильный агент, прошедший сквозь сыпучий материал, передает теплоту свежему агенту поверхностно развитым площадям теплообменного утилизатора 18 и удаляется через выпускной патрубок 17.

Разработанная система функционирует следующим образом. МК-устройство 14 обеспечивает автоматическое регулирование температуры сушильного агента, получая

сигнал о текущей температуре с датчиков - интегральных термометров, установленных на выходе калорифера 21, каждый из которых содержит регулятор мощности с аналогово-цифровым управлением и нагревательным элементом. МК-устройство сравнивает полученный сигнал с заданным, нарабатывая сигнал управления для регулятора мощности с аналогово-цифровым управлением.

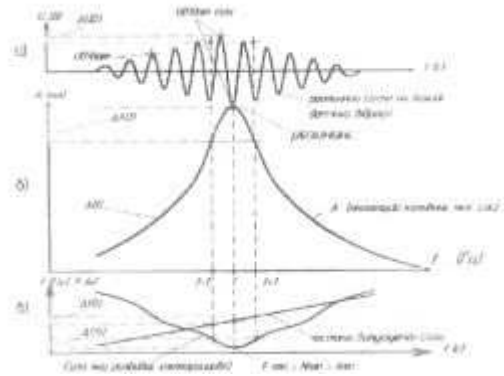


Рис. 5. Принцип автоматического регулирования параметров резонансного режима вибраций.

Fig. 5. The principle of automatic control settings resonant mode of vibration.

Также МК устройство обеспечивает измерение температуры продукции, с использованием аналогичного датчика, установленного непосредственно в слое высушиваемого материала. МК-устройство осуществляет измерения мгновенной мощности и потребленной электроэнергии.

Обеспечение энергосберегающего режима псевдооживонения осуществляется автоматическим поддержанием частоты вибраций [11] (центрифуги) сушильной камеры близкой к резонансной (рис. 5, 6).

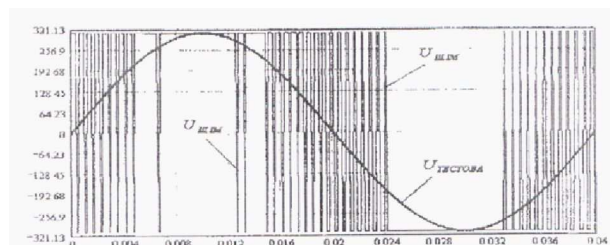


Рис. 6. Эпюры виброперемещений.

Fig. 6. Diagrams of vibration movements.

На основе данных, полученных от датчика параметров вибраций сушильной камеры 5, состоящий из сенсора-акселерометра и

служебного буферного микроконтроллера, и данных о мгновенной мощности привода вибровозбудителя, поступающих от МК-устройства 14, персональный компьютер (ПК) 15 вырабатывает сигнал для управляемого генератора токов электромагнитного вибровозбудителя 13. Применение ПК в процессе проведения экспериментальных исследований позволяет осуществлять обработку и накопление данных, их графическую интерпретацию с целью определения рациональных параметров процесса. В промышленных условиях функцию регулирования может осуществлять микроконтроллер с программным обеспечением, которое учитывает предыдущие наработки [7, 8, 9].

Задание скорости подачи сушильного агента осуществляется с помощью электронного регулятора частоты вращения электродвигателей [17].

С целью определения основных конструктивных и режимных параметров процесса были проведены экспериментальные исследования процессов влагоудаления и вибрационной транспортировки с применением разработанного и изготовленного комплекса сушильного оборудования и МК-системы.

Основные результаты исследований приведены в таблице 1.

Технологические испытания опытно-промышленного образца комплекса проводились для сушки семян бахчевых культур, в частности дыни и кабачков.

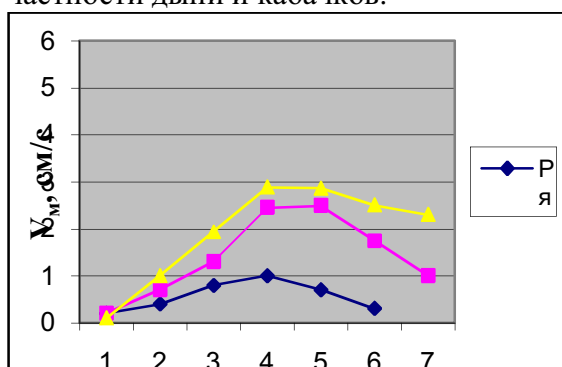


Рис. 7. Зависимость скорости транспортировки материала от частоты вибраций при различной амплитуде вибраций: 1-1,5 мм, 2 - 3,5 мм, 3-6мм..

Fig. 7. Dependence of material transportation on the frequency of vibrations at different amplitudes of vibration: 1-1.5 mm, 2 - 3.5mm, 3-6mm

Таблица 1. Технические характеристики комплекса

Table 1. Specifications of the complex

Производительность сушки, кг / ч	60
Мощность калорифера, кВт	3
Температура сушильного агента, °С	20 – 120
Подача сушильного агента, м³/мин.	2 – 6
Амплитуда, мм	0,5 – 8
Частота рабочих ходов, Гц	10 – 20
Удельные затраты энергии на вибротранспортирование, Вт / кг	40
Удельные затраты энергии на подачу сушильного агента, Вт / кг	16
Удельные затраты энергии на нагрев теплоносителя, Вт / кг	при 120 °С – 123 при 80 °С – 94 при 60 °С – 72
Суммарные затраты энергии на сушку, Вт/кг	128 – 188
Габаритные размеры, мм	100×590×590
Масса агрегата, кг	138

Частицы сушильного материала осуществляют движение по сложной траектории, на некоторое время попадают в нижнюю часть слоя, в сушильную зону активного теплообмена, где получают некоторое количество теплоты. Затем подхваченные потоком сушильного агента семена попадают в верхнюю часть слоя, теряют часть аккумулированной теплоты вследствие соприкосновения с более холодными поверхностями частиц сыпучего материала [1, 2].

В результате этого температура, которую получила доля сушильного материала в нижней части слоя сушильного материала уменьшается до того момента, пока вновь не попадет в сушильную зону активного теплообмена и получит новый тепловой импульс.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СУШКИ СЫПУЧЕГО СЫРЬЯ В КОНВЕКТИВНО-ФИЛЬТРАЦИОННОЙ ВИБРОЦЕНТРОБЕЖНОЙ МАШИНЕ

Таблица 2. Баланс затрат энергии при сушке.
Table 2 Balance of energy consumption while drying.

Удельные затраты энергии на образование виброоживленного слоя	8 Вт/кг
Удельные затраты энергии на подачу сушильного агента	3 Вт/кг
Удельные затраты энергии на нагрев теплоносителя	120 °С – 123 Вт/кг 80 °С – 94 Вт/кг 60 °С – 72 Вт/кг
Суммарные затраты энергии на сушку	83 – 134 Вт/кг
Угол установки эжектора, град.	110
Частота вибраций, Гц	27
Амплитуда вибраций, мм	3,5
Удельные энергозатраты, МДж. / Кг	2,4

ВЫВОДЫ

1. Температура отдельной частицы сыпучего материала повышается с определенными перерывами, по некоторой волнообразной зависимости, максимумы которой сменяются минимумами, но максимумы постепенно увеличиваются. Характерно, что скорость испарения влаги постоянная. В виброкипящем состоянии благодаря интенсивному перемешиванию слоя сыпучего материала обеспечивается равномерный нагрев и сушку каждой отдельно взятой части сушильного материала. С увеличением температуры сушильного агента процесс сушки ускоряется, но при этом более резко интенсифицируется нагрев сушильного материала. [3,4]

2. При интенсивном кипении независимо от высоты слоя сушильного материала обеспечивается равномерный нагрев частиц сушильного материала и температура отработанного сушильного агента равна температуре сыпучего материала [10].

3. Полученные результаты позволили оптимизировать процесс сушки в разработанной вибрационной сушилке, а также дока-

зать удельные затраты энергии до значений 83 - 134 Вт / кг (в диапазоне влажности сыпучего материала от 23% до 14,5%) (Табл.2).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Nova konkurentospromozhna avtomatyzovana tekhnolohiya sushinnya nasinnya / V. I. Tarushkin , S. I. Lubnikov , V. N. Dashnikov [ta in] // Visnyk nasinnytstva v SND. - 1999 . - № 3 28-36.
2. Ur'ev M. B. 1980. Fizychni osnovy intensyfikatsii tekhnolohichnykh protsesiv v dyspersnykh sys-temakh - M.: Znanye, - 296.
3. Khauzen KH. 1981. Teploperedacha pry protyvo-toke, pryamotoke i perekhresnomu strumi - M. : Enerhoizdat - 384.
4. Kulakova V. YE. 1987 Intensyfikatsiya teplo-masoobminu pry sushinni kharchovykh produktiv - M. : Ahropromyzdat - 282.
5. Andrzej S. 2006. Podnoszenie wspólczyniika wymiany masy procesu suszenia konwekcyjnego za pomocą pola elektrycznego / MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 8. 204-210.
6. Pastushenko S. 2007. Tekhnologicheskaya liniya dlya polucheniya semyan ovoshche - bakhchevykh kul'tur / MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 9A. 26-31.
7. Bezsonov L. A. 2002. Teoretychni osnovy elektrotekhniky. Elektrychni kola - M.: Hardariky - 638.
8. Herasymov M. V. 1987. Promyslova elektronika - M.: Vyshcha shkola - 182.
9. Zolatarev S. V. 1999. Dodatky do rehulyatora potuzhnosti // Radio. - № 7. 37-39
10. Karpov B. A. 1987. Tekhnolohiya pislyazbyral'noï obrobky i zberihannya zerna - M.: Ahopromizdat - 229.
11. Kryshstofovykh K. A. 1979. Osnovy promyslovoï elektroniky - M.: Vyshcha shkola, - 158.
12. Leonchik B. I. 1986. Ekonomiya enerhiï pry teploviÿ sushtsi - M.: Enerhoizdat, -136.
13. Merfi D. 1989. Tyrystorne upravlinnya dvyhunamy zminnoho strumu - M.: Enerhiya - 304.
14. Lykov A. V. 1976. Teplota masoobmin v protsesakh sushky - M.: Hosenerhoizdat, - 218.
15. Hinzburh A. S. 1966. Sushka kharchovykh produktiv v kyplyachomu shari - M.: Kharchova

promyslovist - 256.

16. Leonchyk B. I. 1986. Ekonomiya enerhiji pry teploviy sushtsi - M.: Enerhoizdat, - 136.

17. Shylov V. L. 1999. Populyarni tsyfrovi mikroskhemy - Dovidnyk. Chelyabins'k. Metalurhiya. - 352.

18. Horshkov B. I. 1988. Elementy radioelektronnykh prystroiv - M.: Radio i zv'yazok - 176.

19. Povidaŷlo P. H. 1979. Sushka v zvazhenomu stani - Leninhrad: Khimiya.

20. Bihuniv A. A. 1984. Fyzyko-khimichni vymiryuvannya skladu ta vlastyvostry rechovyn. - Vydavnytstvo standartiv – 29-36.

**THE PROJECT OF CONTROL SYSTEM
FOR DRYING OF THE GRANULAR
MATERIALS IN CONVECTION-
FILTRATION CENTRIFUGAL MACHINE**

Summary. This paper gives examples of heat and mass adjustment process. The schematic diagram of the automatic control and measuring energy and spatial parameters of vibrating heat and mass transfer processes have been considered and developed.

Key words: drying, process, heat and mass exchange, regulation, vibration.

ТРИМАССНАЯ ВИБРАЦИОННАЯ МЕЛЬНИЦА С ЧЕТЫРЬМЯ ВИБРОВОЗБУДИТЕЛЯМИ

Елена Солоняя, Владимир Любин

Винницкий национальный аграрный университет

г. Винница, ул. Солячна 3

Elena Solonaya, Vladimir Liubin

Vinnitsa National Agrarian University

Аннотация. В работе рассмотрена задача самосинхронизации тримассной вибромельницы с четырьмя дебалансными вибровозбудителями, которые приводятся в действие от независимых асинхронных двигателей и имеют одинаковые угловые скорости. Два вибровозбудителя из представленных установлены на дополнительных телах [1].

Ключевые слова: вибровозбудитель, дебаланс, синхронизация, помольная камера.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Одним из основных параметров вибрационных мельниц является максимальная мощность, которая передается вибровозбудителями загрузке через помольную камеру при заданной величине возмущающей силы, которая развивается самими вибровозбудителями. При этом установлено, что максимальная мощность передается загрузке при движении камеры по круговой траектории, которую определяет расположение вибровозбудителей.

Создание мощных вибровозбудителей возможно путем агрегатирования простых универсальных (двухпорных) вибровозбудителей. Это позволяет существенно сократить строк и уменьшить стоимость проектирования и изготовления вибрационных мельниц, вместе с тем упростить их ремонт и обслуживание. В других случаях использование нескольких маломощных вибровозбудителей вместо одного, равного по мощности, обусловлено необходимостью разредоточить возмущающую силу по вибрирующему рабочему органу вибрационной мельницей больших размеров.

Синхронность и синфазность вращения вибровозбудителей необходима для создания поступательного перемещения рабочего органа (камеры) вибрационной мельницы по круговой траектории.

Наиболее оптимальным из способов синхронизации является самосинхронизация, при которой синхронность и синфазность вращения вибровозбудителей достигается за счет установления динамической связи между ними.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Анализируя способы агрегатирования вибровозбудителей для создания поступательного движения рабочего органа вибромельницы по круговой траектории и необходимые при этом синхронность и синфазность можно сказать, что в настоящее время широко используется динамическая синхронизация (самосинхронизация) [2, 3, 4, 5, 6, 7, 17].

Решение конкретных прикладных задач по самосинхронизации вибровозбудителей наиболее эффективно может быть выполнено с использованием интегрального критерия устойчивых синхронных движений [6].

Достижение устойчивости необходимого режима синхронного вращения вибровозбудителей осуществляется совмещением во-первых присоединением к исходному несущему твердому телу с помощью упругих элементов некоторой дополнительной массы, во вторых – изменением числа вибровозбудителей [8, 9, 10].

В работах [11, 12, 13, 14, 18] показана технологическая эффективность таких виброустановок.

ПОСТАНОВКА ЗАДАНИЯ

Цель работы – исследовать схему вибрационной мельницы с U-подобной рабочей камерой, агрегатированной параллельно расположенными простыми двухпорными вибровозбудителями и установить критерии их устойчивого движения.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО
МАТЕРИАЛА

Целью статьи является теоретическое исследование устойчивого движения трехмассной четырехвибраторной мельницы и численный анализ при конкретных технологических и динамических параметрах. Рабочая камера (контейнер) массой M_1 считается абсолютно жестким твердым телом, установленной на неподвижной основе с помощью достаточно мягких упругих элементов. На камере симметрично относительно вертикальной осис помощью упругих элементов с жесткостью c установлены два одинаковых дополнительных твердых тела, масса каждого равна M_2 . Камера приводится в колебательное движение с помощью четырех дебалансных вибровозбудителей, каждый из которых оснащен индивидуальным приводом. За обобщенные координаты колебательной системы приняты: x, y и φ - координаты, которые отвечают горизонтальному, вертикальному и угловому перемещениям контейнера, а также x_1, y_1 и x_2, y_2 - координаты, которые отвечают горизонтальным и вертикальным перемещением первого и второго дополнительных тел.

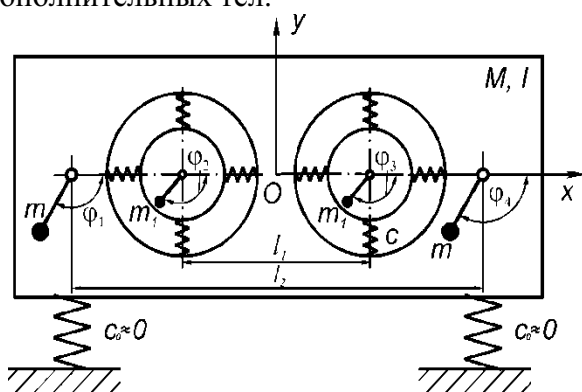


Рис. 1. Тримассная вибрационная мельница с четырьмя вибровозбудителями.

Fig. 1. Threemass of oscillation mill with four causative vibroagents.

Уравнения для кинетической и потенциальной энергии колебательной части системы имеют вид:

$$T = \frac{1}{2} M_1 (\dot{y}^2 + \dot{x}^2) + \frac{1}{2} I \dot{\varphi}^2 + \frac{1}{2} M_2 (\dot{x}_1^2 + \dot{x}_2^2 + \dot{y}_1^2 + \dot{y}_2^2),$$

$$П = \frac{1}{2} c \left[(x - x_1)^2 + (x - x_2)^2 + (y - l_1 \varphi - y_1)^2 + (y + l_2 \varphi - y_2)^2 \right] \quad (1)$$

Дифференциальные уравнения движения вибрационной установки при равномерном вращении вибровозбудителей будут иметь вид:

$$M_1 \ddot{y} + c(y - y_1) + c(y - y_2) = -F \left[\sin(\omega t + \alpha_1) + \sin(\omega t + \alpha_4) \right];$$

$$M_1 \ddot{x} + c(x - x_1) + c(x - x_2) = F \left[\cos(\omega t + \alpha_1) + \cos(\omega t + \alpha_4) \right];$$

$$I \ddot{\varphi} + cl_1(l_1 \varphi + y_1) + cl_2(l_2 \varphi - y_2) = Fl_2 \left[\sin(\omega t + \alpha_1) - \sin(\omega t + \alpha_4) \right];$$

$$M_2 \ddot{x}_1 - c(x - x_1) = F_1 \cos(\omega t + \alpha_2);$$

$$M_2 \ddot{x}_2 - c(x - x_2) = F_1 \cos(\omega t + \alpha_3);$$

$$M_2 \ddot{y}_1 - c(y - y_1) + cl_1 \varphi = -F_1 \sin(\omega t + \alpha_2);$$

$$M_2 \ddot{y}_2 - c(y - y_2) - cl_2 \varphi = -F_1 \sin(\omega t + \alpha_3), \quad (2)$$

где: $F = mr\omega^2, F_1 = m_1 r_1 \omega^2$ - амплитуды вынуждающей силы, которая развивается каждым вибровозбудителем mr ; $m_1 r_1$ - массы и эксцентриситеты вибровозбудителей, установленных соответственно на контейнере и дополнительных телах.

Определители для вычисления частот свободных колебаний, которые отвечают двум независимым группам однородных уравнений, которые отвечают системе (2), могут быть представлены в следующей форме [15]:

$$\begin{vmatrix} 2c - M_1 p^2 & -c & -c \\ -c & c - M_2 p^2 & 0 \\ -c & 0 & c - M_2 p^2 \end{vmatrix} = 0, \quad (3)$$

$$\begin{vmatrix} 2c - M_1 p^2 & -c & -c & 0 \\ -c & c - M_2 p^2 & 0 & cl_1 \\ -c & 0 & c - M_2 p^2 & -cl_1 \\ 0 & cl_1 & -cl_1 & 2cl_1^2 - Ip^2 \end{vmatrix} = 0 \quad (4)$$

Согласно (4) запишем частотное уравнение:

$$(c - M_2 p^2)(M_1 M_2 p^2 - 2cM_2 - cM_1)p^2 = 0$$

В итоге находим

$$p_1 \approx 0, p_2^2 = \frac{c}{M_2}, p_3^2 = \frac{c}{M^*},$$

$$\text{где: } M^* = \frac{M_1 M_2}{2M_2 + M_1}.$$

Учитывая высший порядок определителя (4) и, как следствие, очень большую трудоемкость вычислений, которые отвечают собственной частоте, определенной на ПК с помощью стандартного пакета компьютерных программ Maple V :

$$p_4 \approx 0, p_5 \approx 0, p_6^2 = \frac{c}{M^*},$$

$$p_7^2 = \frac{c(I + 2M_2 l_1^2)}{M_2 I}.$$

Решение дифференциальных уравнений (5), которое отвечает постоянным вынужденным колебанием, может быть записано в виде:

$$\begin{aligned} x &= A_1 [\cos(\omega t + \alpha_1) + \cos(\omega t + \alpha_4)] + \\ &+ A_3 [\cos(\omega t + \alpha_2) + \cos(\omega t + \alpha_3)], \\ x_1 &= A_2 [\cos(\omega t + \alpha_1) + \cos(\omega t + \alpha_4)] + \\ &+ A_4 \cos(\omega t + \alpha_2) + A_5 \cos(\omega t + \alpha_3), \\ x_2 &= A_2 [\cos(\omega t + \alpha_1) + \cos(\omega t + \alpha_4)] + \\ &+ A_5 \cos(\omega t + \alpha_2) + A_4 \cos(\omega t + \alpha_3), \\ \varphi &= -A_{10} [\sin(\omega t + \alpha_1) - \sin(\omega t + \alpha_4)] - \\ &- A_5 [\sin(\omega t + \alpha_2) - \sin(\omega t + \alpha_3)], \\ y &= -A_1 [\sin(\omega t + \alpha_1) + \sin(\omega t + \alpha_4)] - \\ &- A_3 [\sin(\omega t + \alpha_2) + \sin(\omega t + \alpha_3)], \\ y_1 &= A_6 \sin(\omega t + \alpha_1) + A_7 \sin(\omega t + \alpha_4) + \\ &+ A_8 \sin(\omega t + \alpha_2) + A_9 \sin(\omega t + \alpha_3), \\ y_2 &= A_7 \sin(\omega t + \alpha_1) + A_6 \sin(\omega t + \alpha_4) + \\ &+ A_9 \sin(\omega t + \alpha_2) + A_8 \sin(\omega t + \alpha_3). \end{aligned} \quad (5)$$

Здесь обозначено:

$$A_1 = \frac{bF}{ba - 2c^2}; A_2 = \frac{cF}{ba - 2c^2};$$

$$A_3 = \frac{cF_1}{ba - 2c^2}; A_4 = \frac{F_1(ba - c^2)}{b(ba - 2c^2)};$$

$$A_5 = \frac{F_1 c^2}{b(ba - 2c^2)};$$

$$A_6 = \frac{cF [(db - 2c^2 l_1^2) - l_1 l_2 (2c^2 - ab)]}{(db - 2c^2 l_1^2)(2c^2 - ab)};$$

$$A_7 = \frac{cF [(db - 2c^2 l_1^2) + l_1 l_2 (2c^2 - ab)]}{(db - 2c^2 l_1^2)(2c^2 - ab)};$$

$$A_8 = -\frac{F_1 [a(db - 2c^2 l_1^2) + c^2(2c^2 - ab)]}{(db - 2c^2 l_1^2)(2c^2 - ab)};$$

$$A_9 = -\frac{c^2 F_1 (a l_1^2 - d)}{(db - 2c^2 l_1^2)(2c^2 - ab)};$$

$$A_{10} = \frac{F l_2 b}{2c^2 l_1^2 - db}; A_{11} = \frac{F_1 c l_1}{2c^2 l_1^2 - db};$$

$$a = 2c - M_1 \omega^2; b = c - M_2 \omega^2;$$

$$d = 2c l_1^2 - I \omega^2.$$

Для решения задачи используем интегральный критерий стойкости, причем как потенциальную функцию можно принять среднее за период значение функции Лагранжа колебательной системы. Среднее за период значение функции Лагранжа при вычислении уравнений (1) для кинетической и потенциальной энергии и решений (5):

$$\begin{aligned} D &= \frac{\omega}{2\pi} \int_0^{\frac{2\pi}{\omega}} (T - \Pi) dt = D_1 \cos(\alpha_1 - \alpha_4) + \\ &+ D_2 \cos(\alpha_1 - \alpha_2) + D_3 \cos(\alpha_1 - \alpha_3) + \\ &+ D_4 \cos(\alpha_2 - \alpha_3) + D_5 \cos(\alpha_2 - \alpha_4) + \\ &+ D_6 \cos(\alpha_3 - \alpha_4) + C_1, \end{aligned}$$

$$+D_4 \cos(\alpha_2 - \alpha_3) + D_3 \cos(\alpha_2 - \alpha_4) + D_2 \cos(\alpha_3 - \alpha_4) + C_1,$$

где: C_1 - независимая от углов α_s величина;

$$D_1 = m\varepsilon\omega^2 \left(A_1 + \frac{A_{10}l_2}{2} \right);$$

$$D_2 = m\varepsilon\omega^2 \left(A_3 - \frac{A_{11}l_2}{2} \right);$$

$$D_3 = m\varepsilon\omega^2 \left(A_3 + \frac{A_{11}l_2}{2} \right);$$

$$D_4 = \frac{m_1\varepsilon_1\omega^2}{2} (A_5 - A_9).$$

Приравнивая к нулю производные $\frac{\partial D}{\partial \alpha_s}$,

получим уравнение для определения значений постоянных α_s в возможных синхронных движениях.

При этом, поскольку рассматривается задача о самосинхронизации, одну из фаз (например α_4) приравняем к нулю.

$$\begin{aligned} D_1 \sin \alpha_1 + D_2 \sin(\alpha_1 - \alpha_2) + \\ + D_5 \sin(\alpha_1 - \alpha_3) = 0, \\ D_2 \sin(\alpha_1 - \alpha_2) - D_4 \sin(\alpha_2 - \alpha_3) - \\ - D_3 \sin \alpha_2 = 0, \\ D_4 \sin(\alpha_2 - \alpha_3) - D_2 \sin \alpha_3 + \\ + D_3 \sin(\alpha_1 - \alpha_3) = 0. \end{aligned} \quad (6)$$

Уравнением (6) могут удовлетворять пять следующих комбинаций фаз α_s :

- 1) $\alpha_1^* = \alpha_2^* = \alpha_3^* = 0$;
- 2) $\alpha_1^* = 0$; $\alpha_2^* = \alpha_3^* = \pi$;
- 3) $\alpha_1^* = \alpha_2^* = \pi$; $\alpha_3^* = 0$;
- 4) $\alpha_1^* = \pi$; $\alpha_2^* = \alpha_3^* = 0$;
- 5) $\alpha_1^* = \alpha_2^* = 0$; $\alpha_3^* = \pi$.

Условием стойкости синхронных движений, в соответствии с интегральным критерием, является условие минимума потенциальной функции.

Рассмотрим возможность стабилизации синхронно-синфазного вращения двух основных вибровозбудителей с помощью двух

дополнительных вибровозбудителей на упруго подвешенных телах [16]. Учитывая результаты решения задачи [10], предусматривается получить позитивный эффект при вращении дополнительных вибровозбудителей в противофазе относительно основного (вторая группа решений (7)). В этом случае последнее неравенство будет иметь такой вид:

$$\begin{vmatrix} -D_1 + D_2 + D_3 & -D_2 & -D_3 \\ -D_2 & D_2 + D_3 - D_4 & D_4 \\ -D_3 & D_4 & D_2 + D_3 - D_4 \end{vmatrix} > 0.$$

Тогда приходим к следующему условию стойкости рассмотренного движения :

$$\begin{aligned} -D_1 + D_2 + D_3 &> 0, \\ D_5 &> 0, \\ D_2 + D_3 &> 0 \text{ или } \frac{1}{\lambda_3^2 - 1} > 0 \\ D_6 &> 0, \end{aligned}$$

где:

$$D_5 = -(D_2 + D_3)(D_1 + D_4) + 2D_2D_3 + D_1D_4 + D_3^2;$$

$$D_6 = -(D_2 + D_3)(D_1 + D_4) + 2D_2D_3 + 2D_1D_4.$$

Анализ условий минимума функции D аналитическим путем, в результате большой громоздкости коэффициентов D_i , достаточно сложный. Поэтому исследования проведены на ПК. Графическое решение этих условий для второй группы комбинации фаз приведено на рис. 2.

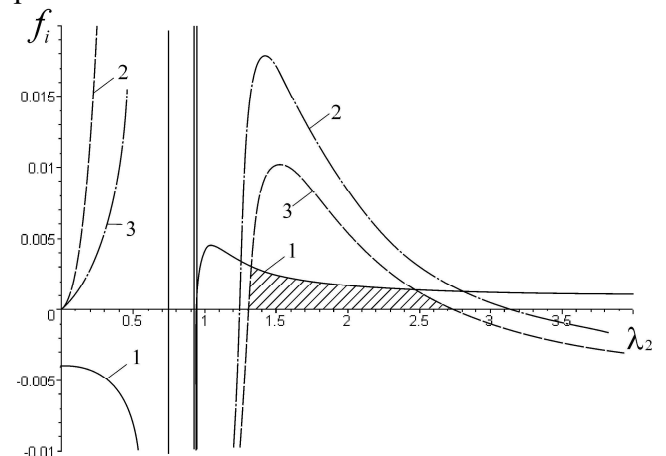


Рис. 2. График функций для определения области существования стойких движений вибровозбудителей ($Ml_2^2 / I = 1.44$) - $f_i(\lambda_2)$

Fig. 2. Graphic arts of functions for determina-

tion of area of existence of proof motions of causative vibroagents
 $(M_2^2 / I = 1.44) - f_i(\lambda_2)$

Построения выполнены с помощью стандартного пакета программ Maple V при следующих параметрах системы :

$$M_1 = 120 \text{ кг}, M_2 = 20 \text{ кг}, l_2 = 0,325 \text{ м}, \\ l_1 = 0,16 \text{ м}, m\varepsilon / m_1\varepsilon_1 = 0,2, I = 7,6 \text{ кг}\cdot\text{м}^2; \\ M_2^2 / I = 1,44, \lambda_2 = \frac{P_2}{\omega} M = M_1 + M_2.$$

Таким образом, успешное использование самосинхронизации больше двух вибровозбудителей возможно при установке дополнительных возбудителей на упруго подвешенных телах; такие возбудители могут стабилизировать синхронно-синфазное вращение двух основных вибровозбудителей. Отметим, что полученные результаты исследований согласуется с [9] (где приведен лишь окончательный результат в виде графиков решения задачи на Фортране для системы с конкретными параметрами) и в определенном содержании дополняют и уточняют их.

ВЫВОДЫ

Рассмотренная динамическая схема может обеспечить самосинхронизацию вибровозбудителей, при этом возможны все симметричные колебания вибромельницы, которые представляют практический интерес.

Установлен предел стойкости синхронных вращений вибровозбудителей, что позволяет выбрать оптимальные параметры установки и режимы ее работы;

Представленная динамическая схема дает возможность изменять фазы вращения возбудителей путем изменения их рабочей частоты (вращение).

Стойкость того или другого режима вращения возбудителей зависит прежде всего от жесткости упругой подвески дополнительных тел и частоты вращения возбудителей;

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Denisov P.D. 2001. К вопросу о динамической синхронизации вибровозбудителей в вибрационной мельнице / Zbirnik naukovih prac HTU "HPI". – Harkiv, – Vip. 1 (14). – 64–67.
2. Kamke D. 1980. Fizicheskie osnovy edinic izmerenija / M.: Mir, – 283.
3. Blehman I.I. 1974. К расчету вибрационных машин с внечетно расположенным дебалансным вибровозбудителем / Obogashhenie rud - № 2. – 14–19.
4. Jaroshevich N.P. 1984. К вопросу о динамической синхронизации агрегатированных вибровозбудителей в вибрационных станках / N.P. Jaroshevich, P.D. Denisov // Mezhdvuzovskij sbornik «Progressivnaja otdelochno-uprochnjaju-shhajaja tehnologija», - Rostov-na-Donu, – 168.
5. A.S. 1034776 SSSR, MKI VO2S 19/16. Vibracionnaja mel'nica / P.D. Denisov, L.D. Velichko, P.S. Bernik (SSSR). Opubl. v B.I. 1983, Bjul. № 30.
6. Denisov P.D., Jaroshevich N.P. 1982. Novaja vibracionnaja ustanovka // Mashinostroitel – №6. – 5.
7. A.C. 688222 SSSR, MKI VO2S 19/16. Vibracionnaja mel'nica / P.D. Denisov, V.I. Karmaljuk (SSSR) –1979. – Bjul. № 36.
8. Denisov P.D. 2000. Osoblyvosti proektuvannja trymasovih vibracijnyh mashyn z oppozytno roztashovanymi vibrozbudzhuvachamy / Vibracii v tehnike i tehnologijah. – №2 (14) – 15–17.
9. Opirskij B.Ja. 1991. Novye vibracionnye stanki. Konstruivovanie i raschet - L'vov: Svit, – 160.
10. Blehman I.I. 1971. Sinhronizacija dinamiceskikh sistem – M.: Nauka, – 896.
11. Lavrov B.P. 1966. Vibracionnye mashiny s samosinhronizirujushhimi vibratorami (konstruktivnye shemy i specificheskie osobennosti rascheta) / Trudy po teorii i prilozheniju javlenija sinhronizacii v mashinah i ustrojstvah. - Vil'njus: Mintis, – 180.
12. Denisov P.D. 1973. Ispol'zovanie samosinhronizacii v mashinah dlja vibracionnoj obrabotki / V sb. Vibracionnaja tehnika v mashinostroenii / Tezisy dokladov na Vsesojuznoj nauchnoj konferencii. - L'vov, – 34–35.
13. A.S. 227833 (SSSR) MKI VO2S 19/16. Vertikal'naja vibracionnaja mel'nica / Poturaev V.N., Franchuk V.P., Tarasenko A.A. (SSSR). Opubl. v B.I. 1968, № 30.
14. Poturaev V.N. 1970. Tehnologicheskie ispytaniya vertikal'noj vibracionnoj laboratornoj mel'nicy MVVL-3 V sb. Problemy vibracionnoj tehniki. - Kiev: Naukova dumka – 146.

15. Biderman V.L. 1980. Teorija mehanicheskikh kolebanij – M.: Vysshaja shkola.– 408.

16. Jaroshevich N.P. 2003. K voprosu o dinamicheskoj sinhronizacii agregatirovannyh vibrovozbuditelej v trjohmassnoj chetyrjoh-vibratornoj vibracionnoj mel'nice/ Vibracii v tehnike i tehnolijah. – №6 (32). – 77–81.

17. Yaroshevich N. 2011. Double multiple synchronization of the mechanical vibroexciters connected with linear oscillatory system/ N. Yaroshevich, S. Sosnowski // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 6. 294–302.

18. Gerber J. 2011. Carbros of grinding down of pulp of stounfrui and damage s of

syoneareinrotorcrusher // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 11B. 66–77.

THREEMASS OF OSCILLATION MILL WITH FOUR CAUSATIVE VIBROAGENTS

Summary. The task of synchronization of treemassvibromill is in-process considered with three unbalance vibration exciters which are started going from independent asynchronous engines and have identical angulators. Two causative vibroagents from presented are set on additional bodies [1].

Key words: causative vibroagent, debalance, synchronization, помольная chamber.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ САПРОПЕЛЯ

¹*Владимир Дидух*, ²*Николай Полищук*

¹*Львовский национальный аграрный университет,*

²*Луцкий национальный технический университет*

¹*г. Дубляны, ул. Владимира Великого 1,* ²*г. Луцк, ул. Львовская 75*

Volodymyr Didukh, Mykola Polishchuk

Lviv National Agrarian University,

Lutsk National Technique University

Аннотация. В статье предложена технология изготовления органических удобрений на основе озерных сапропелей естественного состояния с использованием измельчённой соломы и жидкого навоза КРС. Обоснованы условия послойной зак-ладки исходных материалов в бурты, указано на особенности процесса прев-ращения органических составляющих в удобрения и приведены результаты экспериментальных исследований взаимодействия озерного сапропеля естественного состояния с измельчённой соломой.

Ключевые слова: сапропель, технология, компосты, измельчение, солома, жидкий навоз, органика, плодородие, почва, гумус, технические средства.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Плодородие почв является определяющим условием сельскохозяйственного производства в современных условиях по производству продуктов питания, в том числе, экологически чистого. При этом, количество территорий сельскохозяйственного назначения сокращается, в некоторой степени из-за невозможности поддерживать их плодородие. Основным производителем органических удобрений до недавнего времени была животноводческая отрасль. Но за последние 20 лет ее объемы значительно уменьшились, что привело к снижению норм внесения органических удобрений в целом на отдельных территориях в 5 раз [1]. В свою очередь, современные технологии выращивания сельскохозяйственных культур ориентированы только на совершенствование технических средств и оптимизацию технологических систем с целью получения максимального количества продукции [2, 3, 4], пренебрегая при этом экологическими последствиями.

С другой стороны, постоянный рост стоимости ТСМ может привести к тому, что внесение органических удобрений животного происхождения в себестоимости полученной продукции станет неэффективным. Поэтому возникает необходимость в поиске новых видов органических удобрений, новых технологий их изготовления и внесения в почву. Одними из таких могут стать озерные сапропели пресноводных водоемов.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Основной проблемой использования сапропелей в естественном состоянии является его высокая влажность (92-96%). Для дальнейшего использования их в качестве органических удобрений необходимо чтобы влажность составляла не более 60%. Снижение влажности сапропеля искусственными методами приводит к потерям питательных веществ [5, 6, 7]. Применение озерных сапропелей в качестве органического вещества методом поверхностного внесения, требует выдерживать норму внесения в пределах 40 - 60 т/га, что является экономически невыгодным [7, 8, 9, 10]. Исследование и попытки создать новые виды удобрений на основе сапропеля указывают на отсутствие технических средств их производства [14, 15]. Доведения экспериментальных образцов технических средств до действующего производственного оборудования требует определенного времени.

Проблему производства новых видов органических удобрений пытаются решить длительное время в различных странах мира [7, 17, 19]. Основное направление, которое выбирают исследователи, это изготовление компостов различного состава, материалом

для которых служат любые органические вещества.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Цель исследования - предложить технологию изготовления органических удобрений на основе озерных сапропелей естественной влажности.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Мировые тенденции использования минеральных удобрений указывают на возрастающую их популярность. В 2011 году в мире было использовано около 180 млн. т. таких удобрений [7]. Лидерами по внесению минеральных удобрений являются Великобритания, Вьетнам, Китай, Германия, которые на один гектар посевов вносят от 285 до 230 кг действующего вещества. Не является исключением Украина. Созданные агрохолдинговые компании в своих технологиях используют только минеральные удобрения и бесконтрольно «удобряют» украинские чернозёмы при выращивании, в первую очередь, монокультур [1]. При этом туки вносят, как правило, разбросным способом под вспашку или культивацию и весной для подкормки растений. Эффективность внесенных удобрений данными способами является невысокой, так как при их внесении под вспашку, основное количество попадает в почву на глубину 9-20 см и становятся малодоступ-

ными для растений в начальной стадии вегетации. В свою очередь, заделанные удобрения с помощью культиваторов и дисковых борон, в 50-90% случаев находятся в поверхностном трёх - сантиметровом слое, который быстро пересыхает. Еще хуже ситуация при подкормке растений, когда возникают особые погодные условия во время выполнения данной операции.

Как показывает опыт, необоснованное увеличение нормы внесения минеральных удобрений на естественных плодородных почвах, приводит к потере в них гумуса, пополнение которого возможно только за счет внесения органических удобрений. Все известные органические удобрения, а также широкая гамма технических средств, предусматривали их поверхностное внесение [8, 9, 10, 11]. Резкое уменьшение поголовья скота в животноводческой отрасли и целый ряд других причин, указывают на перспективу применения локального способа их внесения. Пример внесение органических удобрений на территории Волынской области (табл.1), указывает на необходимость поиска новых технологий выращивания сельскохозяйственных культур.

Угрожающая ситуация заключается в том, что общая норма внесения органики уменьшилась, более чем в 6 раз. Это свидетельствует о сознательном уничтожении плодородия почв.

Таблица 1. Внесение удобрений под основные культуры в сельскохозяйственных предприятиях Волынской области

Table 1. Fertilizer for main crops in the agricultural enterprises of Volyn region

Органические удобрения (т на 1 га посева)									
Годы	1990	1996	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011
Внесено под посевы	15,7	6,1	3,2	2,7	3	2,6	2,7	2,8	2,3
Зерновых культур (без кукурузы)	2,1	0,7	0,5	0,7	1,2	0,8	0,7	1	0,8
Пшеницы	3,5	1,1	0,7	0,8	1,4	0,8	0,7	1,3	0,8
Кукурузы на зерно	39,6	36,9	0	5,7	4,3	6,8	10,4	3,5	3
Технических культур	28,5	30,5	19,3	12,8	6,5	3,9	3,8	2,2	1,7
Сахарной свеклы (фабричной)	52,1	41,8	23,3	18,7	12,2	13,2	15,7	7,4	6,9
Овощных и бахчевых культур	48,6	47,6	23,4	6,2	5,4	6,4	6,8	4,1	2,8
Картофеля	81,5	75,8	56,9	36,8	31,3	29,3	36	33,9	25,6
Кормовых культур	17,4	6,7	3,5	4,5	4,8	5,6	5,8	6,9	6,1

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ САПРОПЕЛЯ

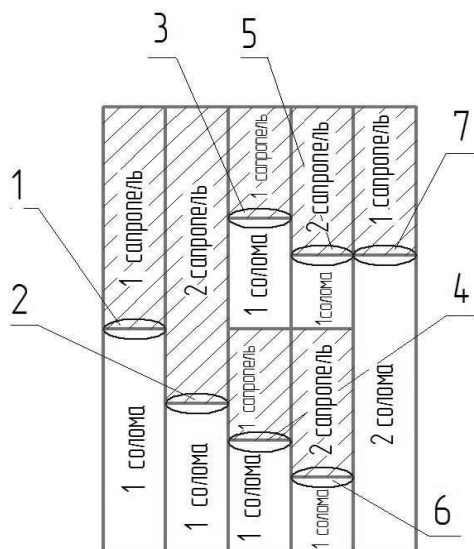
В отдельных случаях, особенно под технические культуры, где нормы внесения чисто символические.

На территории Украины находится огромное количество водоемов различного происхождения. Только в озерах карстового происхождения Волынской и Ровенской областей собралось около 80 млн. т., в переводе на 60-и процентную влажность сапропеля, преимущественно органического происхождения. Такие запасы обеспечивают их промышленную разработку в течение 100 лет. Применение сапропелей в сельском хозяйстве решает две проблемы: производственную и мировую стратегическую - улучшение экологического состояния окружающей среды.

Поэтому для решения возникшей проблемы необходимо провести исследования, связанные с разработкой процессов, направленных на сохранение плодородия почв. Длительные использование органических удобрений, изготовленных из солоmistых составляющих зерновых культур, указывают на перспективность их использования при компостировании в любых условиях.

Методика проведения лабораторного опыта заключалась в выявлении проницае-

мости озерного сапропеля естественной влажности в пределах 85 процентов через измельчённую солому, максимальная величина отдельных частиц которых составляла не более 10 см. и визуальное наблюдение за изменением состояния солоmistых частиц в течение двух месяцев. В процессе наблюдений отбирались пробы сапропеля в верхней части для выявления изменения его влажности. Заложенные в определенном соотношении материалы были изолированы от окружающей среды. Среди пяти вариантов распределения по высоте измельчённой соломы и озерного сапропеля естественной влажности были следующие: 1 – 50 условных единиц соломы и 50 сапропеля; 2 - 25 солома, 75 сапропель; 3 - чередование соломы и сапропеля через 25 условных единиц; 4 - чередование соломы и сапропеля два раза через 15 и 35 условных единиц; 5 - 75 солома и 25 сапропель. Кроме этого на рис 1, а указано семь точек, по которым отслеживали перемещения сапропеля под собственным весом по условной шкале. При загрузке измельчённую солому не придавливали, а сапропель загружали до уровня верхнего обреза, без опускания ниже установленной отметки.



а) размещение измельченной соломы и сапропеля в условных единицах;
а) placing the chopped straw and sapropel in arbitrary units;

б) общий вид заложенного опыта;
b) general view of the pledged experience.

Рис. 1. Моделирование процесса изготовления органических удобрений из озерного сапропеля и измельчённой соломы

Fig. 1. Modeling of the process of manufacturing organic fertilizers from lake sapropel and chopped straw

Первые дни наблюдений за протеканием процесса показали неплохую проницаемость озерного сапропеля (рис.1, б), Среди всех вариантов, для вариантов 3 и 4 было отмечено эффект резкого изменения влажности измельчённой соломы. Дальнейшие наблюдения показали интенсивное увлажнение соломы в течение первых 30 дней, опускание сапропеля под собственным весом. Графическое изображение изменения положения слоев в течение первых 30 дней показано на рис.2. Анализ зависимостей на рис.2 указывает на резкое изменение положения сапропеля относительно измельчённой соломы после 5 дней только для 7 - й контрольной точки пятого варианта. Данное явление объясняется значительной суммарной площадью соломы в качестве поглотителя влаги. Во всех других вариантах влага просачивалась сквозь измельчённую солому, и удержать её не представлялось возможным.

Таким образом, данное явление необходимо учитывать при послойной закладке компостов из указанных материалов в производственных условиях. Важно также учитывать, что озерные сапропели имеют полезную химически связанную влагу, насыщенную различными микроэлементами. Такую влагу следует сохранять и не допускать потерь при производстве компостов.

Увеличение условной высоты соломы может быть также положительным моментом в производственных условиях.

Согласно исследований и рекомендаций ученых, увеличивать содержание жидкости при компостировании солоmistых материалов следует за счет жидкого навоза КРС, в которых присутствуют бактерии, способствующие в дальнейшем увеличению гумуса в почвах.

Наблюдения за изменением влажности сапропелей указывают на ее снижение до 50 процентов. При этом солоmistый материал меняет свой цвет (рис.3, а), что указывает на превращение его в необходимую органическую структуру и появления грибов (рис.3, в). Это свидетельствует о том, что в исследуемых материалах присутствуют бактерий, которые необходимы для увеличения гумуса в грунтах. Среди важных факторов, способствующих изготовлению предложенных компостов, является температура окружающей среды. Опыты проводились при комнатной температуре, поэтому можно утверждать, что такая температура способствует эффективному протеканию данного процесса и должна быть в пределах 10 – 30 °С. Для формирования буртов при закладке компостов можно использовать силосные траншеи, при этом необходимо уплотнять их дно, для предотвращения потери влаги.

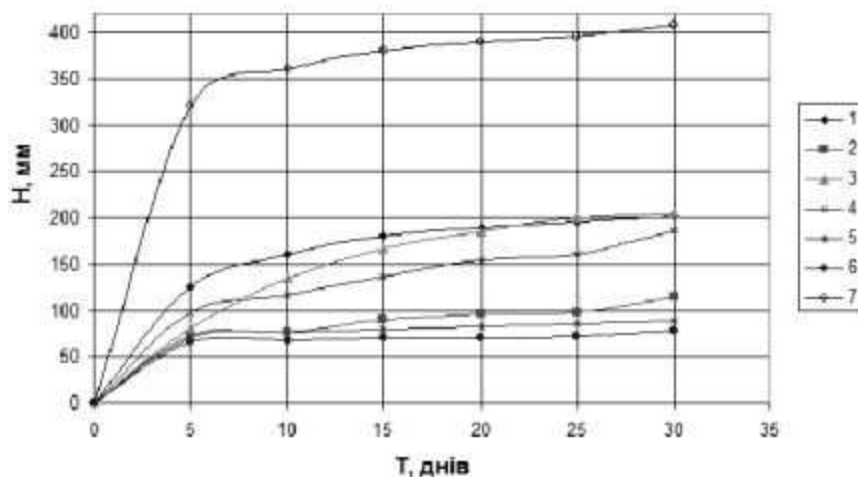


Рис.2. Изменение положения сапропеля относительно соломы в течение 30 дней
 Fig.2. Changing the position of sapropel relatively straw for 30 days



а)

б)

Рис. 3. Изменение состояния заложенных материалов после 50 дней (а) и появление грибов (б) на стыке измельчённой соломы и сапропеля

Fig. 3. Change of state pledged materials after 50 days (a) and the appearance of mushrooms (b) at the junction of chopped straw and sapropel

ВЫВОДЫ

Отсутствие подстилочного навоза в достаточном количестве для внесения в почву в качестве органических удобрений, при производстве сельскохозяйственной продукции, требует поиска новых техно-логий изготовления органической массы в значительных объемах. Одними из направлений производственного приготовления органических компостов может стать послойная закладка в силосные траншеи измельчённой соломы после зерноуборочного комбайна и озерных сапропелей естественной влажности. При этом для обеспечения развития биологических бактерий к ним необходимо добавлять жидкий навоз КРС. Результаты проведенных исследований указывают, что толщина слоев измельчённой соломы и сапропеля должна быть в соотношении 1:3, с целью обеспечения проницаемости последнего и создания благоприятных условий для развития грибов. При этом длительность изготовления органического вещества, должна составлять не менее двух месяцев, в зависимости от ее назначения и дальнейшего использования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Statustuchnuy shchorichnuk. "Volyn – 2011". – Lutsk, 2012 r., 560.
2. Kazimierz MIELEC, Jozef KOBYLARZ. 1999. Roznictowo precyzyjne najnowsza techniką mechanizacji polowej produkcji roślinnej. // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, II Międzynarodna Konferencja Naukowo-Techniczna. 19-34.
3. Igor Shevchenko. 2006. Adaptivnue ekofilnue tehnologii I mashunu dlya obraotki pochvu kak osnova razvitiya systemu upravlyaemogo zemledeliya. Tavria State Agrotechnical Academy of Melitopol, Ukraine // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 8. 198-203.
4. S.I. Lach, Malgorzata Browska-Bakalarz, Wojciech Tanas. 2006. Rezyltatu isputaniy shtangovoy mashunu MTT-4SH dlya vusokotochnogo vneseniya tverduh mineralnuh ydoreniy // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 8. 125-130.
5. Dytchenko I.V. Shevchyk M.Y. 1995. Tehnologia vuroshchvannya ekologichno chustuh

- vudiv roslunnoi prodyktsii z osnovamu zemle-robstva. – Lutsk: Nadstur'ya, – 258.
6. Shevchyk M.Y. 1996. Sapropeli Ukrainu: zapasu, yakist ta perpektivu vukorustannya. – Lutsk: Nadstur'ya – 383.
 7. Zapevalov M.V. 2011. Tehnologii i sredsva pereventivnih procesov po yhody za selskohozyaustvennumi kyltyrami. FUNDAMENTAL RESEARCH № 12 - 326 – 331.
 8. Babaruka S.F. 2010. Obgryntyvannya parametriv robochuh organiv mashun dlya poverhnevogo vnesennya sapropeliv. Dusertaciya na zdobyttya stypeny kandidata tehnicnih nayk. Ternopil 203.
 9. Bakym M.V. 2008. Silskogospodarski mashunu. C.2. Mashunu dlya vnesennya dobru. Y 2-h tomah – Harkiv: HNTUSG, – T. 1. – 285.
 10. Voytyk D.G., Gavrylyk G.R. Silskogospodarski mashunu. – K.: Yrojaj 1994. – 446.
 11. Zaika P.M. 2002. Teoriya silskogospodarskih mashun. Tom 1 (c. 3) Mashunu dlya prugotyvannya I vnesennya dobru. – Harkiv: Oko - 352.
 12. P.V.Susolin 2009. Z bagannyam zberegtu rodychist ukrainskoi zemli ta dopomogu selyanuny. Zb. statey, vustypiv ta komentarii (1997-2008r.r.). Kirovograd – 160.
 13. Stun S.M. 2005 Ozernue sapropeli i ih kompleksnoe osvoenie / Pod red. I. M. Yaltanya. – M.: izd. MGGY.
 14. <http://www.sapropek..narod.ru>
 15. Didukh V.F., Babaruka S.F., Tarasyk V.V. 2009. Dunamichna model procesy rozkudannya sapropeliv mashunou dlya rozkudannya dobru. – “Naykovi notatku” – Migvuziskuy zbirnik, Lutsk Vup. 24. – 201-211.
 16. Lotko M.Z. 1992. I dr. Sapropeli v selskom h zyaystve. – M.: Nayka i tehnika, – 216.
 17. Didukh V.F., Shumchyk O.P. 2006. Ekperimentalni doslidgennya procesy vudalennya vodu iz sapropely. Zb. nayk. St. Silskogospodarski mashunu №14. Lutsk – 90-93.
 18. Chuz I.E., Polishchyk M.M. 2011. Doslidgennya procesy poglunannya vologu sapropely rizkou solomu. // Silskogospodarski mashunu. Zb. nayk. St., Vup. 21. – Tom. II, Lutsk: Redvud. viddil LNTU -296.
 19. Sapropeli Russii – na polzu rodine [Elektronnyy reesr]. – Regum dostpy: <http://www.saprex.ru>.
 20. Niedziółka I, Zucniarz A. 2006. Analiza energetyczna wybranych rodzajów biomasy pochodzenia roślinnego. // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 8A. 232-237.
 21. Didukh V.F. Polishchyk M.M. 2012. Tendencii rozvutky tehnologiy formyvanny vrojay silskogospodarskuh kyltyr // Zbirnik naykovuh prate Vinnuckogo nacionalnogo agrarnogo univertsitetu. Seriya: Tehnicni nayku. – Vinnutsa Vupysk 11. t.2 (66).

INVESTIGATIYN OF MANUFACTURE OF ORGANIC FERTILIZERS BASED ON SAPROPEL

Summary. This article presents a technology of organic fertilizers on the basis of lake sapropel natural moisture using straw cutting and adding the liquid fraction of cattle manure. Grounded value layer thicknesses solomystoyi cutting and sapropel, and recommended the use of silage trenches to lay the compost from these materials.

Key words: straw cutting, lake sapropel technology cooking, organic, humus, relationships, experiences, settings.

ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОСТОЯНИЙ И ПЕРЕХОДОВ В ВОЗМОЖНЫЕ СОСТОЯНИЯ АКТИВНО РЕЗЕРВИРУЕМОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

¹Анатолій Бойко, ²Александр Бондаренко, ³Василий Савченко

¹Національний університет біоресурсів і природопольовання України

²Николаевский национальный аграрный университет

³Житомирский национальный агроэкологический университет

г. Киев, ул. Героев Обороны 15, ²г. Николаев, ул. Парижской Коммуны 9

¹Anatoliy Boyko, ²Olexander Bondarenko, ³Vasily Savchenko

¹National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

²Mykolaiv National Agrarian University

³Zhytomyr National Agroecological University

Аннотация. Приведены результаты теоретических исследований для комплексной оценки общего положения и тенденций изменений надежной работы кукурузоуборочных машин. Построенная стохастическая модель состояний и переходов подсистем при пассивном резервировании

Ключевые слова: пассивное резервирование, граф состояний, интенсивность отказов, интенсивность возобновлений.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Нагруженное резервирование как конструктивный способ повышения надежности не нашло на сегодня еще достаточного использования в механических технических системах. Больше всего примеров его эффективного приложения можно видеть в радиоэлектронике, компьютерной технике, электротехнике, системах автоматики [6-8]. Еще больше примеров активного резервирования предоставляет живая природа в биологических системах, где проблема надежности превращаются в эволюционные проблемы выживания и развития того или другого вида.

Нагруженное резервирование является собой один из самых эффективных способов повышения надежности систем [5, 12]. Однако его приложение предусматривает введение в конструкцию структурно избыточных элементов. Эти элементы, как правило, не являются крайне необходимыми для выполнения системой определенных для нее функций и вводятся в конструкцию, в первую очередь, для обеспечения необходимого уровня надежности, а иногда и для предоставления системе дополнительных возмож-

ностей и качеств при выполнении основных операций назначения [13, 16].

Таким образом, без преувеличений можно утверждать, что для достижения необходимого уровня надежности технических систем, особенно сложных, следует больше внимания уделить структурным средствам резервирования, среди которых важное место занимают нагруженные активные в виде параллельных соединений элементов.

Проблема эффективного использования нагруженного резервирования приобретает особенное значение и актуальности при анализе отказов техники в реальных условиях ее использования. Определение динамики изменения показателей надежности в зависимости от состояния базы технического обслуживания машин является важным в нынешней ситуации, которая сложилась при механизации сельскохозяйственного производства.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Некоторые проблемы определения функции готовности подсистем сельскохозяйственной техники в условиях старения и развития базы технического обслуживания посвящены исследованию [9, 10, 14, 15], где построен соответствующий граф и стохастическая математическая модель состояний и переходов для систем "машина – техническое обслуживание". Но в данном исследовании вовсе не уделено внимания ненагруженному (холодному) резервированию с целью обеспечения необходимого уровня надежности существующего современного парка сельскохозяйственных машин.

ПОСТАНОВКА ЗАДАНИЯ

Целью данного исследования является установление комплексных показателей надежности активно резервируемых технических систем сельскохозяйственного назначения при условиях постепенно стареющей техники и постоянного состояния базы ее технического обслуживания.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Проведение такого исследования возможно путем системного анализа при моделировании процессов переходов исследуемой системы в разные возможные состояния и выявления вероятностей нахождения ее в том или другом состоянии с учетом динамических изменений в самой системе (старении машин).

Графическое описание поведения дублированной системы с нагруженным резервом согласно отмеченных условий функционирования представлено размеченным графом в работе [1-3], какой представлен на рис. 1.

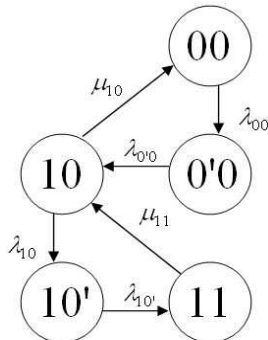


Рис. 1. Размеченный граф состояний и переходов системы при пассивном резервировании, стареющей технике и неизменном уровне сферы технического обслуживания
Fig. 1. Marked graph of states and transitions of the passive redundancy, aging techniques and the same level field maintenance service

В научном плане и практической реализации представляет интерес определения не только предельных возможностей системы с точки зрения ее надежности, но и динамике изменений показателей надежности на сквозняке срока эксплуатации. Динамические характеристики надежности могут предоставить полезный материал относительно рационального выбора как начальных, так и переходных параметров исследуемой системы [11, 17].

Размеченный граф состояний и переходов системы из состояния в состояние является основой для математического описания ее функционирования. Вероятностный характер поведения системы может быть описан соответствующими стохастическими дифференциальными уравнениями. Согласно правил складывания дифференциальных уравнений динамического баланса вероятностей (уравнений Колмагорова) запишем:

$$\begin{cases} \frac{d}{dt} P_{00}(t) = -\lambda_{00}P_{00}(t) + \mu_{11}P_{11}(t); \\ \frac{d}{dt} P_{0'0}(t) = -\lambda_{0'0-0'0}P_{0'0}(t) - \lambda_{0'0-0'0'}P_{0'0}(t) + \lambda_{00}P_{00}(t); \\ \frac{d}{dt} P_{0'0'}(t) = \lambda_{0'0-0'0'}P_{0'0}(t) - \lambda_{0'0'}P_{0'0'}(t); \\ \frac{d}{dt} P_{01}(t) = \lambda_{0'0-01}P_{0'0}(t) - \lambda_{01}P_{01}(t); \\ \frac{d}{dt} P_{0'1}(t) = \lambda_{0'0'}P_{0'0'}(t) + \lambda_{01}P_{01}(t) - \lambda_{0'1}P_{0'1}(t); \\ \frac{d}{dt} P_{11}(t) = \lambda_{0'1}P_{0'1}(t) - \mu_{11}P_{11}(t). \end{cases} \quad (1)$$

Нормируемое условие представляется суммой вероятностей состояний:

$$\sum_{i=1}^6 P_i = P_{00}(t) + P_{0'0}(t) + P_{0'0'}(t) + P_{01}(t) + P_{0'1}(t) + P_{11}(t) = 1$$

Исходя из того, что рассматриваемая дублированная техническая система начинает свою работу с исправного состояния, когда все элементы работоспособны, начальное условие можно записать в следующем виде [4]:

$$\begin{aligned} P_{00}(t) &= 1; & P_{0'0}(t) &= 0; & P_{0'0'}(t) &= 0; \\ P_{01}(t) &= 0; & P_{0'1}(t) &= 0; & P_{11}(t) &= 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Тогда в превращениях Лапласа с учетом начального условия имеем:

$$\begin{cases} S\varphi_{00}(S) = -\lambda_{00}\varphi_{00}(S) + \mu_{11}\varphi_{11}(S) + 1; \\ S\varphi_{0'0}(S) = -\lambda_{0'0-0'0}\varphi_{0'0}(S) - \lambda_{0'0-0'0'}\varphi_{0'0}(S) + \lambda_{00}\varphi_{00}(S); \\ S\varphi_{0'0'}(S) = \lambda_{0'0-0'0'}\varphi_{0'0}(S) - \lambda_{0'0'}\varphi_{0'0'}(S); \\ S\varphi_{01}(S) = \lambda_{0'0-01}\varphi_{0'0}(S) - \lambda_{01}\varphi_{01}(S); \\ S\varphi_{0'1}(S) = \lambda_{0'0'}\varphi_{0'0'}(S) + \lambda_{01}\varphi_{01}(S) - \lambda_{0'1}\varphi_{0'1}(S); \\ S\varphi_{11}(S) = \lambda_{0'1}\varphi_{0'1}(S) - \mu_{11}\varphi_{11}(S). \end{cases} \quad (3)$$

Нормируемое условие в превращениях Лапласа приобретает вид:

$$\varphi_{00}(S) + \varphi_{0'0}(S) + \varphi_{0'0'}(S) + \varphi_{01}(S) + \varphi_{0'1}(S) + \varphi_{11}(S) = 1/S \quad (4)$$

откуда

$$S\varphi_{00}(S) + S\varphi_{0'0}(S) + S\varphi_{0'0'}(S) + S\varphi_{01}(S) + S\varphi_{0'1}(S) + S\varphi_{11}(S) = 1 \quad (5)$$

Второе уравнение системы (3) представляет собой наибольшие сложности при ре-

шении, потому целесообразно его заменить на нормируемое условие (5):

$$\begin{cases} S\varphi_{00}(S) = -\lambda_{00}\varphi_{00}(S) + \mu_{11}\varphi_{11}(S) + 1; \\ S\varphi_{0v}(S) = 1 - S\varphi_{00}(S) - S\varphi_{0v}(S) - S\varphi_{01}(S) - S\varphi_{01}(S) - S\varphi_{11}(S); \\ S\varphi_{0v}(S) = \lambda_{0v-0v}\varphi_{0v}(S) - \lambda_{0v}\varphi_{0v}(S); \\ S\varphi_{01}(S) = \lambda_{0v-01}\varphi_{0v}(S) - \lambda_{01}\varphi_{01}(S); \\ S\varphi_{v1}(S) = \lambda_{0v}\varphi_{0v}(S) + \lambda_{v1}\varphi_{01}(S) - \lambda_{v1}\varphi_{v1}(S); \\ S\varphi_{11}(S) = \lambda_{v1}\varphi_{v1}(S) - \mu_{11}\varphi_{11}(S). \end{cases} \quad (6)$$

Перепишем уравнение, решив их относительно свободных членов:

$$\begin{cases} S\varphi_{00}(S) + \lambda_{00}\varphi_{00}(S) - \mu_{11}\varphi_{11}(S) = 1; \\ S\varphi_{0v}(S) + S\varphi_{00}(S) + S\varphi_{0v}(S) + S\varphi_{01}(S) + S\varphi_{01}(S) + S\varphi_{11}(S) = 1; \\ S\varphi_{0v}(S) - \lambda_{0v-0v}\varphi_{0v}(S) + \lambda_{0v}\varphi_{0v}(S) = 0; \\ S\varphi_{01}(S) - \lambda_{0v-01}\varphi_{0v}(S) + \lambda_{01}\varphi_{01}(S) = 0; \\ S\varphi_{v1}(S) - \lambda_{0v}\varphi_{0v}(S) - \lambda_{v1}\varphi_{01}(S) + \lambda_{v1}\varphi_{v1}(S) = 0; \\ S\varphi_{11}(S) - \lambda_{v1}\varphi_{v1}(S) + \mu_{11}\varphi_{11}(S) = 0. \end{cases} \quad (7)$$

Сгруппируем коэффициенты уравнений вокруг неизвестных:

$$\begin{cases} (S + \lambda_{00})\varphi_{00}(S) - \mu_{11}\varphi_{11}(S) = 1; \\ S\varphi_{0v}(S) + S\varphi_{00}(S) + S\varphi_{0v}(S) + S\varphi_{01}(S) + S\varphi_{01}(S) + S\varphi_{11}(S) = 1; \\ (S + \lambda_{0v})\varphi_{0v}(S) - \lambda_{0v-0v}\varphi_{0v}(S) = 0; \\ (S + \lambda_{01})\varphi_{01}(S) - \lambda_{0v-01}\varphi_{0v}(S) = 0; \\ (S + \lambda_{v1})\varphi_{v1}(S) - \lambda_{0v}\varphi_{0v}(S) - \lambda_{v1}\varphi_{01}(S) = 0; \\ (S + \mu_{11})\varphi_{11}(S) - \lambda_{v1}\varphi_{v1}(S) = 0. \end{cases} \quad (8)$$

Ранжируем составляющие уравнений и выпишем расширенную матрицу полученной системы:

$\varphi_{00}(S)$	$\varphi_{0v}(S)$	$\varphi_{0v-0v}(S)$	$\varphi_{01}(S)$	$\varphi_{0v-01}(S)$	$\varphi_{v1}(S)$	$\varphi_{11}(S)$	вспомогательные
$S + \lambda_{00}$	0	0	0	0	0	$-\mu_{11}$	1
S	S	S	S	S	S	S	1
0	$-\lambda_{0v-0v}$	$S + \lambda_{0v}$	0	0	0	0	0
0	$-\lambda_{0v-01}$	0	$S + \lambda_{01}$	0	0	0	0
0	0	$-\lambda_{0v}$	$-\lambda_{01}$	$S + \lambda_{v1}$	0	0	0
0	0	0	0	$-\lambda_{v1}$	$S + \mu_{11}$	0	0

Выполняя правила превращений для работоспособного состояния "10", когда основной элемент конструкции отказал, а его место занял дублирующий, вероятность безотказной работы системы представляется выражением:

$$P_{10}(t) = A_{10} \exp(-S_1 t) + B_{10} \exp(-S_2 t) + C_{10} \exp(-S_3 t) + B_{10} \exp(-S_4 t) + E_{10} \exp(-S_5 t).$$

С учетом замен сокращенно можно записать:

$$P_{10}(t) = \mathcal{K}_{10} + D_{10} \exp(-S_4 t) + E_{10} \exp(-S_5 t). \quad (10)$$

Полученная формула вероятности имеет три составляющие. Ее анализ показывает, что при времени $t = 0$, вероятность $P_{10}(t)$ также равен нулю. Это согласуется с начальным условием работы исследуемых дублированной системы. С учетом возможных знаков при введенных постоянных величинах, структуре полученного уравнения (10) и сложности в определении знаков сопряженных корней S_4 и S_5 , анализ уравнения (10) может нести только качественный характер. Качественно, что изменение вероятности $P_{10}(t)$ имеет двойную экспоненциальную зависимость, при $t \rightarrow \infty$, $P_{10}(t \rightarrow \infty) = \mathcal{K}_{10}$. График такой зависимости изменения вероятности работоспособного состояния $P_{10}(t)$ при включении в работу резервного элемента и исключены основного представлено на рис. 2.

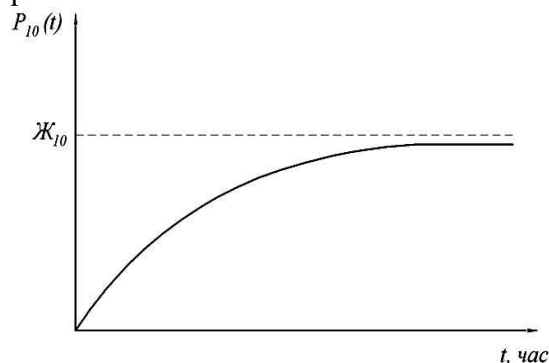


Рис. 2. Зависимость вероятности перехода системы во второе работоспособное состояние $P_{10}(t)$ со временем ее эксплуатации Fig. 2. The dependence of the transition probability of the system shall operate in the second state $P_{10}(t)$ with time of exploitation

Полученная финишная вероятность нахождения системы во втором работоспособном состоянии является асимптотой функции $P_{10}(t)$ а ее значение, которое равняется \mathcal{K}_{10} наблюдается при устоявшемся режиме эксплуатации системы и является важным параметром ее безотказной работы.

Кроме того вероятность работоспособного состояния $P_{10}(t)$ пассивно резервируемой системы характеризует запас возможностей выполнять функции по назначению невзирая на отказ основного элемента, или также указывает на расширение срока эксплуатации при дополнительном регулировании (натяжение, уменьшении зазору и тому подобное). Под запасом в продолжении ра-

боты деталей, узлов и машин в целом следует понимать и возможность перетачивания рабочих органов при затупленные или переворачивание рабочего элемента на новую (не изношенную) грань и так далее.

В этом плане важное значение приобретает показатель надежности пассивно резервируемой системы связан с ее долговечностью. Таким показателем, который оценивает продолжение срока эксплуатации за счет введения в систему избыточности в виде резерва может быть среднее время нахождения системы во втором работоспособном состоянии t_{10} .

Предметно к проводимому исследованию можно записать, что среднее время нахождения системы во втором работоспособном состоянии равняется:

$$t_{10} = \int_{t_1}^{t_2} P_{10}(t) dt. \quad (11)$$

Интервал времени $t_2 - t_1$ на котором определяется средняя наработка на отказ должен принадлежать периоду работы системы когда ее начальное приработка завершилось и начался этап работы с естественным присутствием постепенного накопления повреждений (старение). Тогда запишем:

$$t_{10}(t) = \int_{t_1}^{t_2} [\mathcal{K}_{10} + D_{10} \exp(-S_4 t) + E_{10} \exp(-S_5 t)] dt.$$

Представленное выражение распишем в виде соответствующей суммы интегралов:

$$t_{10}(t) = \mathcal{K}_{10} \int_{t_1}^{t_2} dt + D_{10} \int_{t_1}^{t_2} \exp(-S_4 t) dt + E_{10} \int_{t_1}^{t_2} \exp(-S_5 t) dt.$$

Откуда имеем:

$$t_{10} = \mathcal{K}_{10} t \Big|_{t_1}^{t_2} + D_{10} \left(-\frac{1}{S_4} \right) e^{-S_4 t} \Big|_{t_1}^{t_2} + E_{10} \left(-\frac{1}{S_5} \right) e^{-S_5 t} \Big|_{t_1}^{t_2}. \quad (12)$$

Анализ зависимости изменения среднего времени нахождения системы во втором работоспособном состоянии усложнен отсутствием данных о λ, μ – характеристики переходов системы. Однако предыдущий качественный анализ полученного результата возможен путем дифференциации вклада каждой из трех составляющих уравнения (12) в

общий баланс среднего времени t_{10} . С учетом условий изложенных при анализе вероятности $P_{10}(t)$, для постоянных величин и корней уравнений, графически наиболее вероятностные изменения в составляющих и общая сумма времени t_{10} представлены на рис. 3.

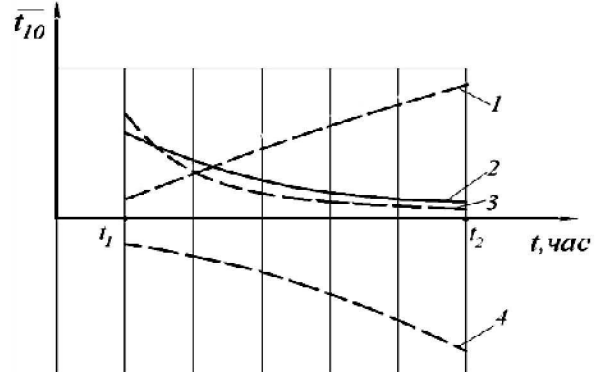


Рис. 3. Зависимость влияния времени эксплуатации пассивно дублированной системы на среднюю наработку ее во втором работоспособном состоянии:

- 1 – первая составляющая уравнения (10);
- 2 – среднее время нахождения системы в состоянии "10";
- 3 – вторая составляющая уравнения (10);
- 4 – третья составляющая уравнения (10)

Fig. 3. Dependence of the effects of time exploitation system passively duplicated on the average operating time it shall operate in the second state:

- 1 – first constituent equation (10);
- 2 – average time of finding the system in a state of "10";
- 3 – the second constituent of equation (10);
- 4 – the third constituent of equation (10)

ВЫВОДЫ

Вероятностные характеристики состояний и переходов системы из состояния в состояние при активном резервировании с учетом динамики изменений при старении техники можно определить решая полученную матрицу. Она является основной в описании поведения системы. Установление вероятностей состояний даст возможность выявления основных критериев надежности активно дублированной системы. При этом возможное установление степени повышения надежности системы в условиях ее старения и выявления влияния изменения структуры системы на ее надежность.

Определение вероятностных характеристик активно дублированной системы является предметом дальнейших исследований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Boyko A.I., Bondarenko O.V., Savchenko V.M. 2013. Matematichna formalizatsiya opisu staniv i perehodiv pasivno rezervovanih tehnicnih sistem // Visnik HNTUSG im. P. Vasilenko: Resursozberigayuchi tehnologii, materiali ta obladnannya y remontnomu virobnitstvi. – Harkiv – V. № 133. – 216-220.
2. Boyko A.I., Dumenko K.M. 2010. Doslidzhennya funktsii gotovnosti mehanichnih sistem pri nakopichuvanni poshkodzhen // Problemi obchislyvalnoï mehaniki i mitsnosti konstruksiy: zbirnik naukovih prats DNU. – Dnipropetrovsk: Nauka i osvita – Vip. 14. – 72-78.
3. Bondarenko O. 2012. Kompleksna otsinka vikoristannya pasivnogo rezervuvannya v doslidzhennyah nadiynosti kukurudzobiralnoï tehniki // Silskogospodarski mashini: Zb. nauk. st. – Vip. 22. – Lutsk: Red.-vid. viddil LNTU. – 9-17.
4. Butenin N.V., Lusch J.L., Merkin D.R. 1985. Kurs teoreticheskoy mehaniki // M.: Nauka. – 272.
5. Voytyuk V., Demko A., Nadtochiy O., Demko S. 2003. Determination of resource recovery units // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 6. 273-280.
6. Voytyuk V., A. Demko, Demko S. 2005. yVplyv ystroktiv yekspluatatsiyi yna ymodel yzminy ypratsezdatsnosti yzernozybralnyh ykombayniv // yTehnika yAPK. - № 8. – 14-18.
7. Gulyaev 1983. Otsenka nadezhnosti kulturtehnichestkih mashin // Voprosy osvoeniya zakustarenyh i kamenistyh zemel. – Elgava. – 68-74.
8. Dumenko K. 2010. Analysis of the main factors of insufficient reliability of domestic harvesting machines // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 12A. 108-117.
9. Dumenko K., Shevchenko, K., 2012. Simulation of the reliability of combine harvesters // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 14. No. 2. 41-44.
10. Kirtbaya J.K. 1982. Rezervy v ispolzovanii mashinno-traktornogo parka // M.: Kolos. – 245.
11. Krasnichenko A.V. 1961. Spravochnik konstruktora selskohozyaystvennyh mashin // M.: Gosudarstvennoe nauchno-tehnicheskoe izdatelstvo mashinostroitel'noy literatury. – 860.
12. Nekiporenko V.I. 1977. Strukturny analiz sistem (effektivnost i nadezhnost) // M.: Sovetskoe radio – 214.
13. Pogorily L., Koval S. 2003. Zernozybralna tehnika: problemi, alternativi, prognoz // Tehnika APK. – № 7. – 4-7.
14. Skorohodov A.N. 1988. Analiz ekspluatatsionnoy nadezhnosti agregatov i tehnichestkih kompleksov // M. – 136.
15. Spirin I.V. 2003. Rezervirovanie v upravlenii hozyaystvennymi sistemami // M.: Akademkniga – 199.
16. Tihonenko O.V. 2008. Zabezpechenist silskogo gospodarstva zernozybralnoyu tehnikoyu yak zaporuka effektivnosti zernovogo gospodarstva // Ekonomika APK. – № 7. – 36-41.
17. Ushakov I.A. 2008. Kurs teorii nadezhnosti sistem // M.: Drofa. – 239.

GRAPHIC ANALYTICAL ANALYSIS AND TRANSITIONS IN POSSIBLE BECOME ACTIVE REDUNDANT TECHNICAL SYSTEM

Summary. The results of theoretical researches are resulted for the complex estimation of the common state and tendencies of changes of reliable work of machines for collection of corn. The stochastic model of the states and transitions of subsystems is built at the passive reserving.

Key words: passive redundancy graph states, failure intensity, the intensity of restorations.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОГРАММАМИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ПОЖАРОТУШЕНИЯ СЕЛЬСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ

Александр Сидорчук, Владимир Бондаренко

Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности

г. Львов, ул. Клепаровская 35

Olexandr Sydorчук, Vladimir Bondarenko

L'viv state university of personal and social safety

Аннотация. Выполнен анализ существующих методов и моделей процесса управления программами развития сложных систем. Раскрыты научно-методические основы системного исследования процессов управления программами развития. Обоснована необходимость совершенствования процесса управления программами развития систем пожаротушения сельских поселений на основе объединения стандартов с управления программами и управления конфигурацией.

Ключевые слова: управление, развитие, программа, конфигурация, система, пожаротушение, сельские поселение, эффективность.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Развитие искусственных систем происходит на основе реализации множества проектов и программ. Не зависимо от субъекта их создания, эффективность этих проектов (программ) в значительной степени зависит от того, как правильно осуществляется процесс управления ими. Эффективность этого процесса, в свою очередь, определяется адекватностью соответствующих методов и моделей, обоснование которых является научно-прикладной проблемой. Ее решение невозможно без системного подхода к исследованию процесса управления. В статье раскрывается этот подход.

Повышение эффективности управления программами развития систем требует усовершенствования действующих научно-методических основ. В частности, это касается развития систем, для которых создаются соответствующие государственные целевые программы и Национальные проекты. Несовершенство научно-методических основ управления программами является той проблемой, которая приводит к неэффективному использованию ограниченных ресурсов, выделяемых на развитие систем.

Управление программы развития систем пожаротушения сельских поселений базируется на результатах прогнозирования (оценки) их функциональных показателей. Действующие методы управления оценкой нельзя считать обоснованными поскольку они характеризуются многими недоразумениями, в частности, некорректно учитывают зону выездов пожарных частей. А потому существует научно-практическая проблема обоснования адекватных моделей функционирования соответствующих систем и на этой основе объективное управления оценкой эффективности проектов и программ их развития

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Проблемы управления проектами и программами находятся в поле зрения многих ученых [4-7, 11, 17-19]. Сегодня разработан стандарт [11], основанный на научно-методических достижениях, которые предусматривают осуществление управления с помощью трех основных моделей - концептуальной, системной и сервисной. Эти исследования являются основой для дальнейшего развития соответствующих научно-методических основ. Вопросы эффективности функционирования систем пожаротушения сельских поселений исследовалось многими учеными [1-3, 4, 8, 9, 13-16]. Их результаты легли в основу решения следующих основных управленческих задач как определение зоны выездов пожарно-спасательных формирований, а также установления местоположения дополнительных пожарных пунктов с целью повышения уровня пожарной безопасности на селе [19]. Таким образом, научные исследования по функционированию систем пожаротушения на селе позволили решить основные задачи ее развития. Однако, как показывает практика, преобразования сельских территорий, пока не в пол-

ной мере учитываются в программах развития соответствующих систем. В частности, действующие методы оценки функциональных их показателей в проектах развития является несовершенным.

ПОСТАНОВКА ЗАДАНИЯ

Целью статьи является обоснование системных принципов и направлений совершенствования процессов управления программами развития систем пожаротушения сельских поселений.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Управление программами характеризуется своими особенностями, без учета которых невозможно раскрыть объективные закономерности этого процесса, а затем определить его максимальную эффективность. Для этого воспользуемся системным подходом, который сегодня является одним из основных методов исследования [17].

Этот подход является методом, который предусматривает раскрытие причинно-следственных связей в системе между: 1) характеристиками (X) входных воздействий 2) параметрами (Z) преобразующей подсистемы 3) времени (T) функционирования 4) показателями (B) результатов функционирования. В этом случае решаются задачи анализа и синтеза. Задача синтеза записывается таким образом:

$$Y = f'(X, Z, T). \quad (1)$$

Задачи анализа записываются множествами прямых и обратных системных зависимостей.

К прямым зависимостям относятся система:

$$\begin{cases} Z = f'(X, T), \text{ при } Y = const; \\ Y = f''(Z, T), \text{ при } X = const; \\ Y = f'''(X, T), \text{ при } Z = const. \end{cases} \quad (2)$$

Кроме этого, к задачам анализа следует отнести обратные зависимости:

$$\begin{cases} X \leftarrow (Y, T), \text{ при } Z = const; \\ X \leftarrow (Z, T), \text{ при } Y = const; \\ Z \leftarrow (Y, T), \text{ при } X = const. \end{cases} \quad (3)$$

Указанные множества прямых (2) и обратных (3) зависимостей, характерных для ре-

шения задач анализа, можно дополнить частичными случаями, когда $T = const$.

Характерные задачи анализа и синтеза систем рассмотрим в контексте исследования процесса управления программами. С этой целью, в первую очередь, обозначим составляющие этого процесса на этапах жизненного цикла программ. На начальном этапе этого цикла управления происходит в определенной последовательности, составляющие которого в значительной степени взаимосвязаны. Поэтому соответствующий процесс называется управление интеграцией [11]. Он состоит из следующих укрупненных элементов: 1) определение миссии 2) управление архитектурой, 3) управление стратегией, 4) управление оценкой. Каждая из четырех составляющих процесса управления интеграцией программ характеризуется конечным результатом. Процесс определения миссии завершается определением вариантов возможных сценариев перевод продукта с начального состояния в желаемое. Процесс управления архитектурой обеспечивает определение концептуального плана программы. Управление стратегией позволяет обосновать стратегический план программы. Процесс управления оценкой касается каждого управленческого процесса - определение миссии, управление архитектурой и управление стратегией. Он обеспечивает обоснование возможных (альтернативных) сценариев развития систем.

Проанализируем процесс управления интеграцией с позиции системного подхода. С этой целью обозначим ранее упомянутые три основных системные составляющие - входной поток, подсистему преобразования, выходной поток. В этом случае входным потоком следует считать предмет труда, подлежащий преобразованию, то есть продукт в исходном состоянии (IT^I). Входным потоком будет этот же продукт, находящийся в желаемом состоянии (IT^O). Подсистемой преобразования будет программа (IT^P), которую следует реализовать чтобы перевести предмет труда с начального состояния в продукт с заданным (желаемым) состоянием. Задачи анализа и синтеза в этом случае отражаются множествами зависимостей [1-3]. Их решение возможно благодаря исследованию про-

цесса управления интеграцией, состоящего из указанных четырех основных процессов.

Анализируя процесс управления интеграцией в составе системы «предмет труда - программа - продукт», видим, что параметры подсистемы преобразования продукта (предмета труда), которая называется программой, а также продолжительность ее жизненного цикла определяется сущностью преобразований, которые следует произвести над продуктом труда. Эти преобразования должны обосновываться и отражаться в стратегическом плане программы. Обоснование сущности преобразований предмета труда (продукта) собственно и происходит в процессе управления интеграцией [11]. Определение миссии программы является основой соответствующих преобразований. В то же время миссия программы определяет конфигурацию будущего (виртуального) продукта (преобразованного предмета труда в желаемое состояние продукта). Иными словами, определение миссии программы в первую очередь означает установление конфигурации будущего (виртуального) продукта. К сожалению, действующей методологией П2М установление конфигурации виртуального продукта не предусмотрено. В то же время указано, что следует диагностировать «состояние которое есть» и переводить его в «состояние какое будет». Продиагностировать «состояние какое будет» невозможно из-за отсутствия соответствующего продукта на этапе разработки программы. Его нужно прогнозировать. Кроме того, для обоснования конфигурации виртуального продукта с «состоянием какое будет», на наш взгляд, целесообразно знать прогнозируемые показатели эффективности этого продукта. Желаемые показатели являются основанием разработки и реализации той или иной программы. Они определяют желаемое состояние продукта («состояние которое будет») и для процесса управления программой являются исходной информацией. Вместе с тем соответствующие (плановые) значения показателей Y^6 эффективности преобразованной системы (продукта) можно достичь при определенной ее конфигурации (структуры) (Z^6). Иными словами, на начальном этапе создания программы для преобразования предме-

та труда следует установить (спрогнозировать) системную связь:

$$Z^6 \leftrightarrow Y^6 \quad (4)$$

Её раскрытие с позиции системного подхода требует решения задачи синтеза:

$$Y^6 = f(Z^6, X^6, T), \quad (5)$$

где: X^6 характеристики входного потока воздействий преобразованной системы; T – заданное время функционирования системы-продукта.

Основным методом ее решения является моделирование, ведь системы с желаемым состоянием еще не существует.

Следующим этапом системных основ процесса управления программами является их моделирование. В этом случае определяется стратегический план той или иной системы-программы. Основной особенностью таких исследований является то, что исходные показатели Y^n этой системы в течение времени T^n ее функционирования (реализации) должны изменяться по заданному сценарию (траектории). В противном случае миссия программы может быть не достигнутой. Исходные показатели в этой системе-программе отображают действия, которые следует предпринять для преобразования системы-продукта с начального состояния в желаемое. Эти действия Y^n могут касаться как входящего потока X^n , так и преобразующей подсистемы Z^n начального состояния («состояния какое есть») системы-продукта. А потому их следует рассматривать как два зависимые между собой множества действий относительно как $X^n (\{Y_x^n\})$, так и $Z^n (\{Y_z^n\})$:

$$\{Y^n\} \subset (\{Y_x^n\} \leftrightarrow \{Y_z^n\}). \quad (6)$$

Обоснование действий $\{Y_x^n\}$ и $\{Y_z^n\}$ базируется на информации относительно перевода составляющих системы-продукта из «состояния как есть» в «состояние как будет»:

$$\begin{cases} \{Y_x^n\} \rightarrow X^n \rightarrow X^6; \\ \{Y_z^n\} \rightarrow Z^n \rightarrow Z^6. \end{cases} \quad (8)$$

В этом случае закономерности перевода системных составляющих X^n и Z^n из «состояния как есть» соответственно в X^6 и Z^6 («состояние как будет») устанавливаются на основе решения множества задач, относящихся

к управлению конфигурацией программ. Понятие конфигурации программ касается структуры их продуктов [21].

Изменение во времени этой структуры, как уже упоминалось, должно происходить по определенной траектории (в определенной последовательности). Ключевым моментом в этом случае является установление альтернативы об отсутствии или потребности одновременного выполнения программы и функционирования предмета труда (продукта с исходным состоянием) в течение ее жизненного цикла. Если в течение жизненного цикла программы функционирование предмета труда (продукта) прекращается, то задача управления конфигурацией упрощается. Если перерыв в функционировании продукта превращения недопустим, то задача управления конфигурацией усложняется. Не вдаваясь в детали решения задач управления конфигурацией программ развития, отметим, что они не могут быть эффективно решены без системного решения задач управления программами. В этом случае нужно согласовывать сценарий программы с траекторией структурных преобразований предмета труда.

Действия U^n системы-программы обосновываются на основе профилирования ее миссий. Собственно управленческий процесс профилирования миссии сводится к обоснованию возможных вариантов сценария. Общеизвестно [11], что профилирование миссии (формирование сценариев) осуществляется в несколько этапов. Первым из них является выражение миссии множеством целей и задач. Следующим (вторым) этапом является анализ взаимосвязей между отдельными целями и задачами, которые направлены на достижение миссии программы. И третьим этапом профилирования миссии является собственно формирования сценариев - установление возможных вариантов сценария, а также обоснование базового варианта. Варианты сценария, и базовый вариант фактически отображаются соответствующими альтернативными множествами возможных преобразований системы-продукта.

Эффективность того или иного варианта сценария определяется на основе оценки показателей эффективности функционирования системы-продукта, которая преобразует-

ся, а также системы-программы, обеспечивающей это преобразование.

Моделирование системы-программы возможно при условии обоснованности ее архитектуры. Управление архитектурой базируется на данных о множестве действий, осуществляемых над предметом труда в определенной последовательности, регламентированной тем или иным вариантом сценария. Определение архитектуры программы заключается в том, чтобы установленное на основе управления ее конфигурацией множество действий разделить на подмножества, которые будут осуществляться в рамках отдельных проектов.

Не вдаваясь в научные особенности обоснования числа и содержания проектов, отметим, что его результаты в значительной степени определяются допустимым изменением конфигурации исследуемой программы. Одновременно, как уже упоминалось, допустимые изменения конфигурации программы являются основой того или иного варианта сценария. Системное исследование процесса управления архитектурой программы заключается в определении для заданного варианта сценария такого распределения множества действий, который обеспечит достижение максимальной эффективности программы. С этой целью моделируются отдельные системы-проекты и выясняются показатели эффективности как каждого из них, так и всей системы-программы. В этом случае оценивают эффективность каждой отдельной системы-проекта на основе решения задач системного анализа и синтеза.

Моделирование и оценки эффективности систем-проектов и систем-программ для альтернативных сценариев являются основой для определения эффективного сценария и концептуального плана программы.

Рассмотрим теоретические изложения в контексте управления программой развития систем пожаротушения сельских поселений. Эта система представляется множеством пожарных пунктов (частей), территориально рассредоточенных в рамках государства. Каждый из них имеет определенную территориальную зону действия, которая включает множество сельских поселений. При возникновении пожара в том или ином поселении тушение должно выполняться пожар-

ным пунктом, в зону действия которого относится поселение. Зоны действия пожарных пунктов в основном определяются по административно-территориальному принципу. В то же время территории административных районов являются неравномерными как по площади и числу поселений, так и конфигурации и сети дорог. Это является основной причиной значительной неравномерности уровня пожарной безопасности отдельных сельских поселений и зданий, которые в них находятся. Снизить неравномерность пожарной безопасности можно путем реализации проектов реинжиниринга системы пожаротушения. Определение для административных областей приоритетности соответствующих проектов базируется на результатах оценки уровня пожарной безопасности, который обуславливается функционированием имеющихся пожарных частей.

Использовать для этого ретроспективные данные о функционировании этих частей не представляется возможным по двум причинам. Во-первых, ретроспективные данные отражают функционирования пожарных частей в административных районах, территории которых не являются эффективными территориальными зонами действия этих частей. Во-вторых, имеющаяся информация, на наш взгляд, не в полной мере отражает все составляющие процесса пожаротушения. В частности, в ней отсутствуют данные о средней скорости движения пожарных автомобилей к пожарам, причины возможных задержек во время движения, материальный ущерб от пожаров до момента начала их тушения и т.д.. Учитывая это, прогнозирование показателей функционирования систем пожаротушения, сформированных на основе имеющихся пожарных частей с эффективными территориальными зонами действия, возможно только с помощью моделирования.

Для оценки результативности программ рассматривают отдельные территориальные зоны действий каждой пожарной части. Эти зоны, как уже упоминалось, в отличие от административного деления территорий областей, системно учитывают влияние территориального распределения зон действия каждой имеющейся пожарной части на результативность пожаротушения сельских

поселений как отдельных административных областей, так и государства в целом. А поэтому важным этапом оценки результативности функционирования областных систем пожаротушения является системное установление эффективных элементарных территориальных зон действия имеющихся пожарных частей. Концептуально раскроем методические особенности этого процесса.

Элементарные эффективные территориальные зоны действия имеющихся пожарных частей определяется следующим образом. В первую очередь с помощью геометрического метода выполняют триангуляцию Делонэ, а позже строят так называемые диаграммы Вороного, которые для каждой отдельной пожарной части определяют геометрические границы ее действия [20]. Каждая из этих границ (сторон) находится на одинаковом расстоянии от двух смежных пожарных частей. Геометрический метод позволяет для каждой пожарной части найти многоугольник, который в первом приближении отображает ее территориальную зону действия и системно учитывает территориальные зоны действия других смежных пожарных частей. В этом случае для населенных пунктов, находящихся на границе территориальных зон действия двух пожарных частей пограничных поселений, показатель пожарной безопасности, определенный по критерию времени пребывания пожарно-спасательных формирований в пути, является одинаковым. Однако, это утверждение справедливо при условии, что два расстояния, определенные на основании имеющихся дорог между населенным пунктом и смежными пожарными частями, являются одинаковыми, а также, что эти дороги относятся к одному классу. На практике в большинстве случаев такие условия отсутствуют, а потому принадлежность пограничных населенных пунктов к территориальным зонам действия пожарных частей, определенная по критерию равноудаленности их от смежных пожарных частей, не является объективной. Для уточнения этой принадлежности следует усовершенствовать метод оценки соответствующего критерия.

Продолжительность (время) пребывания (движения) пожарно-спасательных формирований на маршруте «пожарная часть-

населенный пункт» является функцией расстояния (пути) и скорости движения пожарно-спасательных формирований (автомобилей) на пожар. Оценка характеристик дорог, соединяющих пожарные части из населенными пунктами, является в этом случае объективной основой для определения данной принадлежности. Анализируя более подробно это утверждение, приходим к выводу, что путь маршрута «пожарная часть-населенный пункт» характеризуется большим количеством показателей чем «класс дорог». Кроме типа покрытия, являющегося основанием классификации дорог, важное значение для отображения маршрутов имеют такие характеристики, как число населенных пунктов, встречающихся на пути движения пожарных автомобилей, кривизна дорог и др. Таким образом путь между пожарными частями и населенными пунктами можно отобразить составляющими, которые характеризуются показателями качества (типом) дорог, принадлежащих к населенным пунктам, а также уклоном отдельных их частей. Скорость движения пожарных автомобилей по этим составляющим будет разной, следовательно время их движения на пожары будет состоять из времени пребывания автомобилей на участках дороги. Поэтому, в проектах развития систем пожаротушения идентифицируются как сами дороги между пожарными частями и сельскими поселениями, так и их составляющие участки, отличающиеся типом покрытия, принадлежностью к населенным пунктам, уклоном полотна и кривизной. Именно эти характеристики позволяют выделить (идентифицировать) участки дорог, а также количественно оценить расстояние каждой из них. Оценка скорости движения пожарных автомобилей на каждом участке дороги является важной частью управления оценкой проектов развития систем пожаротушения.

Таким образом, для оценки принадлежности населенных пунктов, находящихся на границе территориальных зон действия двух пожарных частей, к зоне обслуживания одного из них, следует идентифицировать дороги движения пожарно-спасательных формирований, их характерные участки, а также, предварительно установив скорость движения пожарных автомобилей на этих участ-

ках, определить прогнозируемое время пребывания в пути. Меньшее значение этого времени для двух альтернативных пожарных частей является основанием для того чтобы пограничный населенный пункт отнести к территориальной зоне действия соответствующей пожарной части.

Отметим, что в этом случае пограничный населенный пункт рассматривается идеализированно, как геометрическая точка, не имеющая размеров. В действительности каждый населенный пункт имеет границы. Расстояние между противоположными границами этих пунктов может достигать десятков километров, а потому определенная при идеализированных условиях принадлежность того или иного пограничного населенного пункта к зоне действия пожарной части не всегда будет правильным. Только для этой точки, характеризующей геометрическое местоположение данного пограничного населенного пункта, принадлежность можно считать определенной. Для территориальных точек заданного пограничного населенного пункта следует также установить соответствующую принадлежность. Методика оценки принадлежности этих точек к территориальным зонам действия альтернативных пожарных частей аналогична описанной.

В результате оценки принадлежности периферийных геометрических точек заданного пограничного населенного пункта к территориальным зонам действия альтернативных пожарных частей получают один из двух результатов: 1) периферийные точки принадлежат к одной зоне действия альтернативных пожарных частей, 2) эти точки принадлежат к разным зонам действия этих частей.

При получении первого результата принадлежность пограничного населенного пункта считается определенной.

При втором результате - пограничный населенный пункт одновременно принадлежит к зонам действия двух пожарных частей. В этом случае задачу принадлежности пограничного населенного пункта можно считать решенной по результатам оценки принадлежности точки, отображающей центр данного пункта.

ВЫВОДЫ

1. Существующие научно-методические основы процесса управления программами и портфелями касаются разных его составляющих однако, не обеспечивают системное решение задач управления. 2. Усовершенствованы на основе системного подхода научно-методические положения процесса управления программами развития предусматривают моделирование как систем-программ, так и их систем-продуктов, что позволяет повысить качество и точность управления. 3. Изменение состояния систем-продуктов в процессе реализации соответственных программ требует управленческие процессы определения миссии и управление архитектурой этих программ дополнять процессом управления их конфигурацией. 4. Для определения приоритетных преобразований (проектов) в программах развития систем пожаротушения сельских поселений следует использовать многоэтапный процесс их моделирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Belan S.V. 1997. Opredelenie optimalnogo radiusa obsluzhivaniya pozharnyh depo / Problemy pozharnoy bezopasnosti : Sb. nauch. tr. – Harkov: HIPB MVD Ukrainy, - Вып. 2. - 14-17.
2. Brushlinskiy N.N. 1985. Modelirovanie operativnoy deyatel'nosti pozharnoy ohrany v selskom rayone / Protivopozharnaya zashchita obektov agropromyshlennogo kompleksa : Materialy VIII Vsesoyuz. nauch.-prak. konf. – M. : VNIPO MVD SSSR, 67-71.
3. Brushlinskiy N.N. 2002. Teoreticheskie osnovy organizatsii i upravleniya deyatel'nostyu protivopozharnoy sluzhby. Modelirovanie protsessa ee funktsionirovaniya / Pozharovzryvobezopasnost. – №1. – 3-16.
4. Burkov V.N. 1994. Modeli i metody upravleniya organizatsionnymi sistemami Irikov – M.: Nauka,– 270.
5. Bushuev S.D. 2005. Sovremennye podhody k razvitiyu metodologiy upravleniya proektami / Upravlinnya proektami ta rozvitok virobnitstva: 3b. nauk. pr. - Lugansk: vid-vo SNU im. V. Dalya, №1, 5-19.
6. Bushuev S.D. 2005. Modeli i metody strategicheskogo razvitiya organizatsiy ot «videniya» k realnosti / Upravlinnya proektami ta rozvitok virobnitstva: zb. nauk. pr. – Lugansk: vid-vo SNU im. V. Dalya,– №4. – 5 – 12.
7. Bushueva N.S. 2007. Modeli i metody proaktivnogo upravleniya programami organizatsionnogo razvitiya : monografiya – K.: Nauk. svit,– 199.
8. Gulida E.M. 2009. Vibir ta obgruntuvannya kriteriyiv priynyattya rishen dlya organizatsiyi likvidatsiyi pozhezh u mistah / Zbirnik naukovih prats Lvivskogo derzhavnogo universitetu bezpeki zhittediyalnosti : Pozhezhna bezpeka. – № 15. – 143-149.
9. Dolya V.K. 1997. Imitatsionnaya model dvizheniya pozharnyh avtomobiley k mestam vyzovov / Vestnik Harkovskogo gosudarstvennogo avtomobilno-dorozhnogo tehniceskogo universiteta. – № 6. – 72-74.
10. Zakon Ukrayini «Pro pravovi zasadi tsivilnogo zahistu» : za stanom na 5 listopada 2009 / Vidomosti Verhovnoyi Radi Ukrayini. – Ofits. vid. – K. : Parlam. vid-vo, 2010. – № 5. – 42.
11. Kerivnitstvo z upravlinnya innovatsionimi proektami i programami organizatsiy: Monografiya. // Pereklad na ukrayinsku movu pid redaktsieyu prof. Yaroshenka F.O. / K.: Noviy druk, 2010. 160.
12. Komyak V.M. 2003. Metody geometricheskogo proektirovaniya v reshenii prikladnyh zadach / Problemy pozharnoy bezopasnosti : Sb. nauch. tr. – Harkov : APBU,– 41-50.
13. Kuzik A.D. 2009. Analiz zon pokrittya gidrantami teritoriyi mista (na prikladi novoyavorivska) / Zbirnik naukovih prats Lvivskogo derzhavnogo universitetu bezpeki zhittediyalnosti : Pozhezhna bezpeka. – № 15. – 71-76.
14. Poryadok rozroblennya ta vikonannya derzhavnih tsilovih program : Postanova Kabinetu Ministriv Ukrayini vid 25 bereznaya 2009 r. № 266 / Elektronniy resurs ; rezhim dostupu: <http://zakon.rada.gov.ua>
15. Puchkov V.I. 1985. Stohasticheskaya model otsenki poter ot pozharov v zhilyh zdaniyah / V.I. Puchkov, I.I. Kuzmichev // Ekonomika i upravlenie v pozharnoy ohrane : Sb. nauch. tr – M. : VNIPO – 5-21.
16. Ratushniy R.T. 2003. Obgruntuvannya mistsya rozmishchennya pozhehzhnih pidrozdiliv v silskih rayonah // Pozharnaya bezopasnost

2003: Mater. VI nauch.-prak. konf. APBU. - Harkov: APBU. – 56-58.

17. Rach V.A. 2000. Printsipy sistemnogo podhoda v proektnom menedzhmente / Upravlinnya proektami ta rozvitok virobnitstva: Zb. nauk. pr. – Lugansk: Vid-vo SNU im. V.Dalya, - № 1(1) - 7-9.

18. Rybak A.I. 2006. Upravlenie proektnoy deyatel'nostyu na gosudarstvennom urovne / A.I. Rybak // Visnik SUDU im. V.Dalya. – №3 (11). – Lugansk,– 22-23.

19. Sidorchuk O.V. 2009. Osoblivosti upravlinnya derzhavnimi tsilovimi programami / Pozhezhna bezpeka – 2009: Zbirnik tez dopovidey IX mizhnarodnoyi naukovopraktichnoyi konferentsiyi. – L.: LDU BZhD – 47–48.

20. Skvortsov A.V. 2002. Triangulyatsiya Delone i ee primenenie. – Tomsk: Iz-vo Tom. un-ta,– 128.

21. ISO 10007. Quality management - Guidelines for configuration management International Organization for Standardization. 01-Apr-1995, 14.

**IMPROVEMENT OF PROGRAMS
MANAGEMENT PROCESSES FOR
DEVELOPMENT OF FIRE
EXTINGUISHING SYSTEMS IN RURAL
SETTLEMENTS**

Summary. An analysis of existing methods and models of programs management processes of development of complex systems was carried out. Scientific and methodical foundations of a systems study into programs management processes for development are disclosed. Substantiated is the necessity of improvement of programs management processes for the development of fire extinguishing systems in rural settlements on the basis of consolidation of standards for programs management and configuration management.

Key words: management, development, program, configuration, system, fire extinguishing, rural settlement, effectiveness.

СИНТЕЗ КРИВОЛИНЕЙНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ФОРМОВОЧНОЙ ГОЛОВКИ ПРЕССА РАСТИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Дмитрий Кузенко, Степан Левко

Львовский национальный аграрный университет

г. Дубляны, ул. Владимира Великого 1

Dmytro Kuzenko, Stepan Levko

Lviv National Agrarian University

Аннотация. В статье наведен анализ свойств кривой трактрисы, обоснована целесообразность использования ее в качестве формообразующей криволинейной поверхности рабочего канала головки пресса растительных материалов с целью снижения энергоемкости процесса прессования материалов. Описан способ построения трактрисы и проанализированы факторы, влияющие на конструктивные параметры формирующей головки с криволинейной рабочей поверхностью.

Ключевые слова: головка пресса, растительные материалы, трактриса, криволинейная поверхность, псевдосфера.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Уплотнение растительных материалов с целью получения топливных брикетов является сложным и энергоемким процессом, поэтому вопросы снижения энергоемкости этого процесса актуальны и требуют дальнейшего изучения. Одним из путей решения этих вопросов является снижение затрат энергии на продвижение прессуемых материалов по каналу формовочной головки пресса, где происходит окончательное доуплотнение массы и формообразование брикета.

Как показали исследования [2,3,9], использование криволинейных поверхностей в сельскохозяйственных машинах для измельчения материалов и рыхления почвы дает возможность более равномерно распределить нагрузки на рабочие органы, уменьшить вредные опоры и, соответственно, энергозатраты.

Для обоснования целесообразности применения криволинейной формы рабочего канала головки пресса необходимо рассмотреть свойства предложенной кривой [2], а также методику ее построения.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В настоящее время в научно-технических информационных источниках существует ряд работ, посвященных исследованию криволинейных поверхностей рабочих органов различного назначения сельскохозяйственных машин [4,7,9]. Так, Горячкин В.П. [9] рассматривает форму ножей соломопорожков в виде кривых: архимедовой спирали, эксцентриковой кривой и др. В трудах Тищенко С.С. [10], предложено и исследовано использование логарифмической спирали в качестве образующей лезвия стрельчатой лапы культиватора. Для обезвоживания высоковлажных растительных материалов, автором [11] предложено использовать насадку с криволинейной поверхностью, описывается экспоненциальным уравнением, однако достаточного теоретического обоснования им не проведено.

Свойства кривой – трактрисы, предложенной нами в качестве рабочей поверхности канала головки пресса, широко используются в производстве духовых музыкальных инструментов, рупоров. Такие поверхности, образующие которых описываются уравнением трактрисы, можно встретить в природе - воронка циклона, водоворота [5].

В сельскохозяйственной технике использование криволинейных поверхностей с образующей, описываемой уравнением трактрисы, в настоящее время, не получило распространения.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Целью работы является анализ свойств кривой трактрисы и ее синтез как образующей канала формовочной головки пресса растительных материалов.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Трактриса – это плоская трансцендентная кривая, для которой длина отрезка касательной от точки касания до точки пересечения с фиксированной прямой является постоянной величиной [3,8]. Такую линию описывает предмет, который тянется на веревке постоянной длины с точкой, движущейся по оси абсцисс [3].

Впервые кривая и ее свойства исследованы Лейбницем и Гюйгенсом в конце 17 века. Трактриса является частью «кривой погони», а также ее называют «кривой наименьшего сопротивления».

Основным параметром трактрисы является длина касательной a (рис. 1), которая является величиной постоянной и в точке A она равна ординате y .

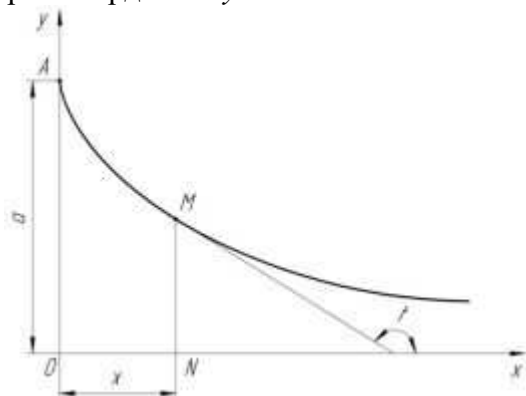


Рис. 1. Основные параметры трактрисы
Fig. 1. Basic parameters of tractrix

Уравнение трактрисы в параметрической форме имеет вид [3,8]:

$$\begin{cases} x = a \ln \left(\operatorname{tg} \frac{t}{2} \right) + a \cos t \\ y = a \sin t \end{cases}, \frac{\pi}{2} \leq t < \pi, (1)$$

или, после исключения параметра t :

$$x = a \cdot \ln \left(\frac{a + \sqrt{a^2 - y^2}}{y} \right) - \sqrt{a^2 - y^2}, (2)$$

где: a – длина касательной трактрисы;
 t – угол между касательной трактрисы и положительным направлением оси абсцисс.

Радиус кривизны в произвольной точке определяется как:

$$R_0 = a \cdot \operatorname{ctgt}. (3)$$

Целесообразность применения трактрисы в качестве профиля рабочей поверхности

канала формиральной головки пресса заключается в ее уникальных свойствах, основным из которых есть возможность резко уменьшать соотношение между горизонтальной и вертикальной составляющими нормальной реакции рабочей поверхности формиральной головки на массу по длине канала (рис. 2). При этом также уменьшается сопротивление перемещению массы по каналу, в отличие от каналов конусообразной формы, в которых соотношение между составляющими реакции рабочей поверхности по длине канала остается постоянным.

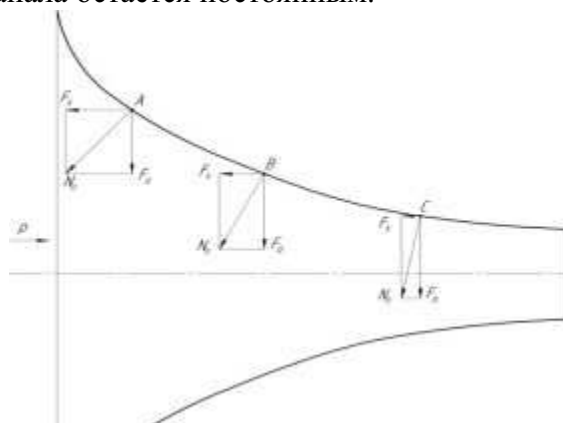


Рис. 2. Схема силового взаимодействия массы с рабочей поверхностью
Fig. 2. The scheme of the force interaction of the masses with the working surface

Трактрису можно построить графоаналитическим методом [8]. Для этого из точки O проводим окружность радиусом a (высота трактрисы), в нашем случае равный внешнему радиусу шнека R (рис. 3). На пересечении круга с осью XX обозначаем точку B , а с осью Y – точку A . Через точки A и B проведем касательные, и обозначим точку их пересечения D . На отрезке BD отмечаем точки $1', 2', 3', 4', 5' \dots 16'$, таким образом, чтобы отрезки $BD, B1', B2', B3'$ и т.д. образовали геометрическую прогрессию со знаменателем q (можно взять произвольно). Далее на оси XX откладываем отрезки $OX_1, X_1X_2, X_2X_3 \dots X_{15}X_{16}$ равные величине d , которая определяется из зависимости:

$$d / a = \ln(a / B1').$$

Точки $D, 1', 2', 3', 4', 5' \dots 16'$ соединяем с т. O и обозначаем пересечение прямых с кругом соот ветственно точками $O, 1, 2, 3, 4, 5 \dots 16$.

Далее с точки I радиусом BI на дуге BA делаем метку и обозначаем точку пересечения I° , с т.2 радиусом $B2$ – т.2 $^\circ$ и т.д. Через эти точки проводим прямые параллельные оси XX , а на т. $X_1, X_2, X_3...X_{16}$ проводим полуокружности радиусом a .

Пересечение этих полуокружностей с соответствующими горизонтальными прямыми дают ряд точек принадлежащих искомой кривой – трактрисе. Причем длина кривой по оси XX будет зависеть от количества точек на которые разбит отрезок BD .

Вращая трактрису вокруг оси OX (асимптоты) получим поверхность – псевдосферу [3,5,8]. В канале такой формы, масса при перемещении частично обкатывается по кривой. Учитывая то, что радиус кривизны в каждой точке разный, то соответственно, реакции и силы трения будут иметь разную величину и направление. Масса движется в канале, уплотняется за счет уменьшения площади поперечного сечения канала и сопротивления перемещению. Длина канала формовочной головки будет зависеть от плотности, которую необходимо достичь при изготовлении брикетов из растительного материала и диаметра шнека (начального диаметра рабочего канала головки) [4,7,13,15,16].

Для получения зависимости плотности растительного материала от длины головки необходимо знать начальную плотность (плотность материала на выходе из шнека) и степень уплотнения по длине формовочной головки. Для этого необходимо провести детальные теоретические и экспериментальные исследования процесса уплотнения растительной массы.

Исходя из уравнения (2) можем построить зависимость между соотношением λ диаметров шнека и выходного отверстия рабочего канала головки и его длиной l (рис. 4). Соотношение диаметров определяется как:

$$\lambda = \frac{D}{d}, \quad (4)$$

где: D – диаметр шнека;

d – диаметр выходного отверстия рабочего канала формовочной головки.

Как видно из графика (рис. 4) увеличение длины головки в зависимости от соотношения диаметров шнека и выходного отверстия является плавным, причем с увеличением этого соотношения менее интенсивно. Поэтому стоит подробнее исследовать связь диаметра выходного отверстия с плотностью (давлением) растительного материала.

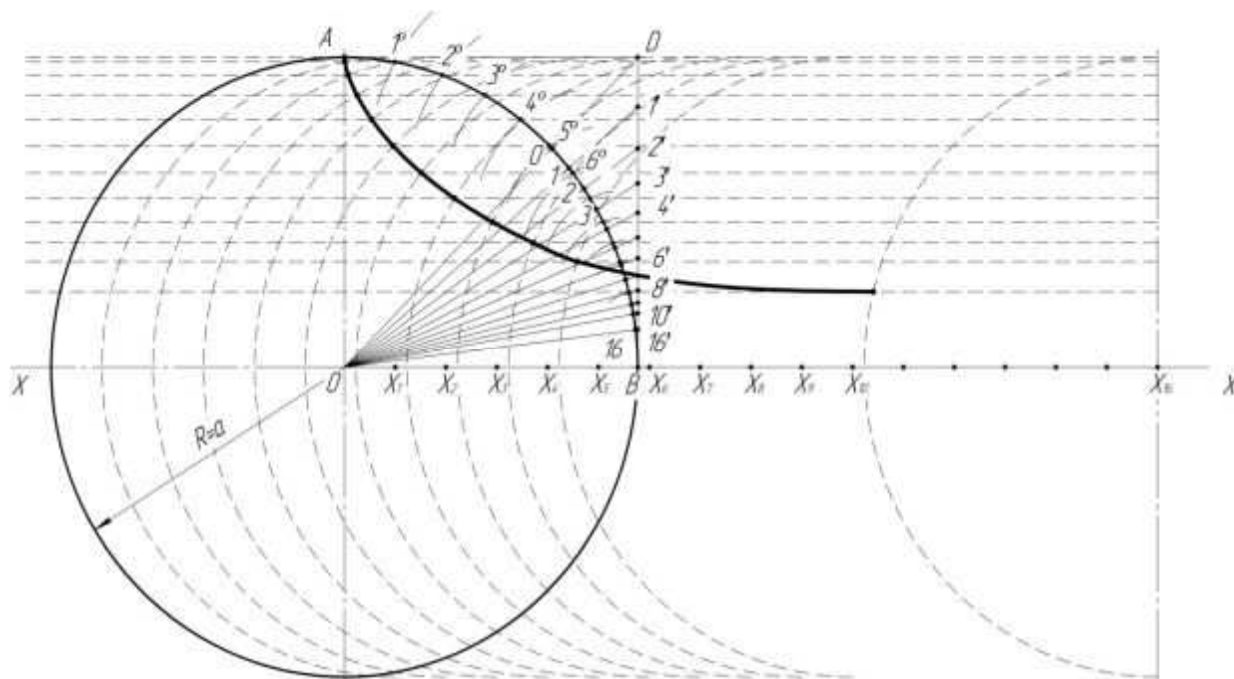


Рис. 3 Построение профиля поверхности рабочего канала формовочной головки пресса

Fig. 3. The construction of the surface profile of the forming press head working channel

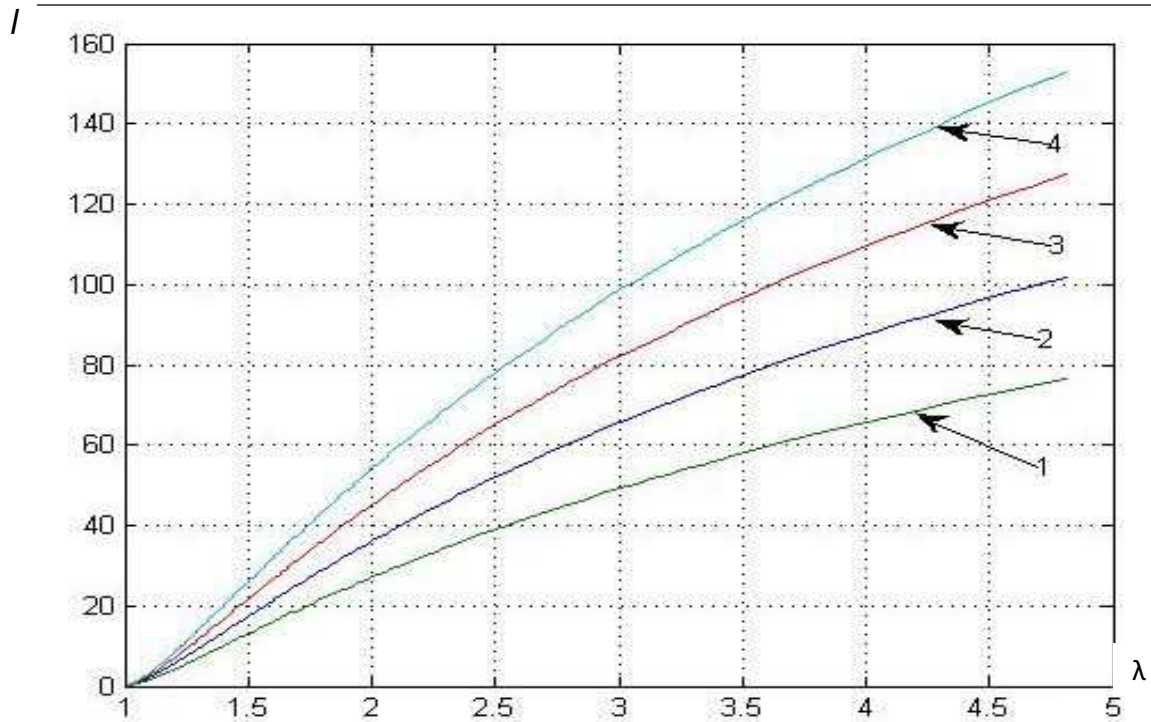


Рис. 4. Зависимость отношения диаметров шнека и выходного отверстия от длины головки: 1 – D=80 мм; 2 – D=120 мм; 3 – D=160 мм; 4 – D=200 мм.

Fig. 4. The dependence of the screw diameter and the outlet opening on the length of the head: 1 – D=80 mm; 2 – D=120 mm; 3 – D=160 mm; 4 – D=200 mm.

ВЫВОДЫ

Использование криволинейных поверхностей в сельскохозяйственной технике получает все большее распространение. Свойства трактрисы, как образующей рабочей поверхности канала формовочной головки пресса растительных материалов, позволит уменьшить вредное сопротивление перемещению массы, благодаря распределению реакций вдоль канала и уменьшить энергозатраты на перемещение и уплотнение.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Analytychnyi ohliad protsesiv i zasobiv dlia vyhotovlennia palyvnykh bryketiv z roslynnykh materialiv / D. V. Kuzenko, L. M. Kuzenko, O. M. Krupych, S. I. Levko // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 3D. 258-268.
2. Kuzenko D. V. 2012. Obgruntuvannia konstruktsii formovalnoi holovky presa dlia roslynnykh materialiv / D. V. Kuzenko, S. I. Levko / Visnyk Lviv. NAU «Ahroinzhenerni doslidzhennia». – №16, Lviv – 246-253.
3. Savelov A. A. Ploskye kryvye. Systematyka, svoistva, prymeneniya. (Spravochnoe

rukovodstvo) – M.: Hos. Yzdat. Fyzyko-matematycheskoi l-ry. 294.

4. Kuchynskas Z. M., Osobov V. Y., Freher Iu. L. 1988. Oborudovanye dlia sushky, hranulyrovanyia y bryketyrovanyia kormov. – M.: Ahropromyzzdat, – 208.

5. Harmonycheskoe ustroistvo myra [Elektronnyi resurs] / T. Y. Zavalysyna, H. S. Ylyna // Rezhym dostupu do forumu <http://festival.1september.ru/articles/313330/>.

6. Levko S. I. 2010. Ohliad teorii protsesu presu-vannia /Visnyk Lviv. NAU «Ahroinzhenerni doslidzhennia». – Lviv, – №15. – 458-467.

7. Melnykov S.V. 1978. Mekhanyzatsyia y avtomaty-zatsyia zhyvotnovodcheskykh ferm / S.V. Melnykov – L. : Kolos– 560.

8. Vyhodskiy M. Ia. 1977. Spravochnyk po vyssei matematyke – M.: «Nauka», 872.

9. Horiachkyn V. P. 1968. Sobranie pochynenyi v 3 t. 2-e, M.: «Kolos», t.3 – 384.

10. Tyshchenko S. S. 2004. Proektyrovanye strel-chatykh kulyvatornykh lap s kryvolynеinym lezvyem / Naukovyi visnyk LNAU. Vyp 73. – 304-309.

11. Luts P. M. 2012. Obgruntuvannia konstruktyv-notekhnolohichnykh parametriv

dvohvynntovoho presu dlia znevodnennia vysoko volohykh kormiv: avtoref. dys... kand. tekhn. nauk: 05.05.11 / Luts Pavlo Mykhailovych – Vinnytsia– 20.

12. Grochowicz J. 2004. Wpływ wilgotności i stopnia rozdrobnienia na energię zagęszczania i wytrzymałość brykietów łubinowych / MOTOROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 6. 96–103.

13. Mashyny y apparaty pyshchevykh proyzvodstv : ucheb. dlia vuzov : v 2 kn. Kn. 1 / [S. T. Antypov, Y. T. Kretov, A. N. Ostrykov y dr.]; pod red. V. A. Panfylova. – M. : Vyssh. shk., 2001. – 703.

14. Silskohospodarski mashyny. Osnovy teorii ta rozrakhunku: Pidruchnyk / [D. H. Voitiuk, V. M. Baranovskyi, V. M. Bulhakov ta in.]; za red. D. H. Voitiuka. – K.: Vyshcha osvita, 2005. – 464.

15. Kukta H.M. 1987. Mashyny i oborudovanie dlia pryhotovleniya kormov – M.: Ahro-

promyzdat,– 303.

16. Herrman Kh. 1972. Shnekovye mashyny v tekhnolohyy / Pod red. L.M. Frydmana. – L. : Khymyia,– 232.

SYNTHESIS OF THE FORMING PRESS HEAD CURVED SURFACE OF THE PLANT MATERIALS

Summary. The article presents an analysis of the properties of tractrix curve, substantiates the expediency of using it as the forming curved surface of the press head working channel of plant materials in order to reduce the energy intensity of the materials pressing process. A method of constructing a tractrix is described and factors affecting the design parameters of the forming head with the curved working surface are analyzed.

Key words: press head, plant materials, tractrix, curved surface, pseudosphere.

ПРОДУКТИВНОСТЬ ИВЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПРИ РАЗНЫХ НОРМАХ ВНЕСЕНИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ ПРИКАРПАТЬЯ

*Василий Лопушняк, Галина Грицуляк,
Львовский национальный аграрный университет
г. Дубляны, ул. Владимира Великого 1
Vasyl Lopushnyak, Galina Hrytsulyak,
Lviv National Agrarian University*

Аннотация. Накопление в больших количествах отходов коммунального хозяйства приводит к увеличению площади иловых карт, отчуждению дополнительных площадей продуктивных земель, загрязнению водных ресурсов.

Безопасная утилизация осадка сточных вод остается одной из самых острых экологических проблем и требует неотложного решения.

В работе приведены результаты исследований влияния различных норм внесения осадка сточных вод и компостов на его основе на дерново-подзолистых почвах Прикарпатья на продуктивность ивы энергетической.

Ключевые слова: осадок сточных вод, ива энергетическая, дерново-подзолистые почвы, биомасса.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В связи с возрастанием использования различных альтернативных источников энергии, в частности биомассы, возникает потребность в сырье для производства твердого биотоплива.

Таким сырьем может быть побочная продукция растениеводства, а также выращенные энергетические растения, например, ива энергетическая. Во время выращивания энергетических культур на малопродуктивных землях, важным элементом технологии является использование удобрений с целью повышения урожайности биомассы. Учитывая дороговизну минеральных и определенный дефицит органических удобрений, необходимо увеличивать объемы использования нетрадиционных органических материалов в качестве удобрений. Таким источником пополнения органического вещества и минеральных соединений в почве может служить осадок сточных вод, который отли-

чается высоким содержанием питательных веществ [7, 9].

Экологически безопасное использование осадка сточных вод недостаточно изучено, в частности под иву энергетическую. Поэтому необходимо исследовать особенности роста и развития растений, а также формирования продуктивности насаждений ивы энергетической зависимости от фонов минерального питания, созданных посредством внесения осадка сточных вод.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В современных условиях аграрного производства большое значение приобретает выращивание энергетических культур, как возобновляемого источника энергии, среди которых ведущее место занимает ива энергетическая (*Salix viminalis*) [2, 3, 5]. Площади под иву энергетическую целесообразно отводить вблизи потребителей тепловой энергии на малоценных почвах с высокой степенью обеспечения влагой.

Перспективным путем повышения продуктивности насаждений ивы энергетической является использование осадка сточных вод. Этим решаются две проблемы – обеспечение возобновляемыми ресурсами энергии и утилизация осадка сточных вод, как источника загрязнения окружающей среды [4; 14]. Густая и очень глубокая корневая система ивы пригодна для интенсивного поглощения питательных веществ и тяжелых металлов, содержащихся в осадке сточных вод [1; 5; 12; 20]. Осадок сточных вод характеризуется высоким содержанием основных агрохимических показателей, в частности соединений гумусовой природы, что позволяет использовать его на уровне с традиционными органическими удобрениями. Ценность осадка как удобрения обуславливается

также содержа–нием в его составе большого количества азота, фосфора и калия. Эти биогенные элементы содержатся в легкодоступных для растений формах поскольку находятся в растворимой форме, что обуславливает преимущество осадка сточных вод перед с твердыми органическими и минеральными удобрениями [1; 7; 9]. Компостирование осадка сточных вод с органическими и минеральными наполнителями является эффективным способом улучшения его санитарно-гигиенического состояния и получения удобрения с достаточно высокими агрохимическими свойствами [8; 10].

В разных странах все большее предпочтение отдается применению осадка в качестве удобрений при озеленения городов, парков, автострад [5; 16]. Подбор культур и видов для земельных угодий является одним из основных факторов, который определяет высокую урожайность и достаточно хорошую доочистку сточных вод [2; 13-15]. Вопросы изучения особенностей использования осадка сточных вод под иву энергетическую в Украине находятся только в стадии экспериментальных исследований.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Целью исследований было изучение особенностей роста, развития и форми–рования продуктивности растений ивы энергетической при различных нормах внесения осадка сточных вод и компостов на их основе.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Для оценки роста, развития и продуктивности ивы энергетической при различных нормах внесения осадка сточных вод в качестве удобрения, нами был заложен полевой опыт, включающий десять вари–антов по три повторения каждый. Варианты опыта:

1. контроль - без удобрений;
2. минеральные удобрения-N100P100 K100;
3. ОСВ - 40 т / га;
4. ОСВ - 60 т / га;
5. ОСВ - 80 т / га;
6. Компост ОСВ + опилки (3:1) - 60 т / га;
7. Компост ОСВ + солома (3:1) - 20 т / га;
8. Компост ОСВ + солома (3:1) - 40 т / га;
9. Компост ОСВ + солома (3:1) - 60 т / га;

10. Компост ОСВ + солома (3:1) + цементная пыль 10 % - 40 т / га.

Ива размножается вегетативно саженцами около 20-25 см длиной, которые высаживали в почву рано весной, сразу после прекращения устойчивых заморозков. Схема посадки 0,33 м X 0,70м.

Перед высадкой саженцы замачивали в воде на 24-48 часов, что способствовало температурной адаптации и впитыванию такого количества воды, благодаря которой ива способна без многодневного полива расти после высадки. Через 1,5-2 недели после высадки появляются первые ростки из почек и начинается интенсивный рост вегетативных побегов. Уже на первых этапах их отрастания нами отмечены позитивные тенденции прироста в вариантах, где вносились компосты осадка сточных вод с соломой в норме 40-60 т/га. До закладки опыта на глубине внесения осадка сточных вод и компостов на его основе (20-30 см) почва характеризовалась такими агрохи–мическими показателями: гумус - 2,0 %, общий азот - 42,8 мг/кг общий фосфор - 93,6 мг/кг, общий калий - 41,5 мг/кг.

Нами проведены также лабораторные исследования по определению основных агрохимических показателей в осадке сточных вод г. Ивано-Франковска. По нашим данным, осадок сточных вод отмечался такими показателями: содержание гумуса – 4,8 %; общего азота - 0,49 %, общего фосфора – 0,05 % и общего калия – 0,1 %. Полученные данные свидетельствуют о перспективности использования осадка сточных вод в качестве органического удобрения.

Биометрические показатели определяли раз в месяц на всех растениях: высоту главного побега 2011 года и 2012 того же месяца. По результатам исследования (табл. 1.) определено, что динамика роста нара–стания главного побега зависит от фона питания, и его высота находится в пределах от 44 см в контрольном варианте до 212 см в варианте 8, где вносили компост на основе осадка сточных вод за первый год наблю–дения. В течение второго года наблюдения рост побегов изменился от 141 см в варианте 1 до 274 см в варианте 6 и 269 см в варианте 5, где вносили большее количество свежего осадка сточных вод. Это можно объяснить доста–

ПРОДУКТИВНОСТЬ ИВЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПРИ РАЗНЫХ НОРМАХ ВНЕСЕНИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ ПРИКАРПАТЬЯ

точной обеспеченностью растений питательными веществами.

Таблица 1. Динамика роста ивы энергетической под влиянием внесения осадка сточных вод (2011-2012)

Table 1. The dynamics of growth of willow energy under the influence of introduction of sewage sludge (2011-2012)

Вариант опыта:	Высота, см			
	06.11 /06.12	07.11 /07.12	08.11 /08.12	09.11 /09.12
1	44/121	57/148	87/181	96/197
2	76/136	84/169	98/194	134/239
3	68/129	76/151	89/185	126/214
4	71/133	83/159	97/191	116/217
5	86/134	97/163	121/192	138/269
6	87/141	95/169	107/201	193/274
7	84/134	91/162	101/198	141/232
8	91/138	101/173	123/201	212/243
9	90/132	112/181	121/199	161/236
10	95/141	117/189	119/212	174/239

Поглощение и использование большого количества солнечной энергии является одним из основных условий получения высокого урожая. Для повышения фотосинтетической деятельности растений очень важное значение имеет минеральное питание, действие которого осуществляется через активацию процессов жизнедеятельности и увеличение урожайности растения.

Полученные данные показывают, что увеличение норм внесения осадка сточных вод перед посадкой ивы энергетической способствует интенсивному её росту. Эта закономерность наблюдается в течение всего периода вегетации.

Внесение макро-и микроэлементов с осадком сточных вод повлияло не только на химический состав надземной массы ивы энергетической, но и на увеличение величины накопления ее биомассы.

Наблюдение за динамикой роста ивы энергетической показало, что за внесение осадка сточных вод увеличивалась высота растений (рис. 1). Уже в первый год при за-

вершении периода вегетации нами наблюдалась существенная разница в высоте растений.

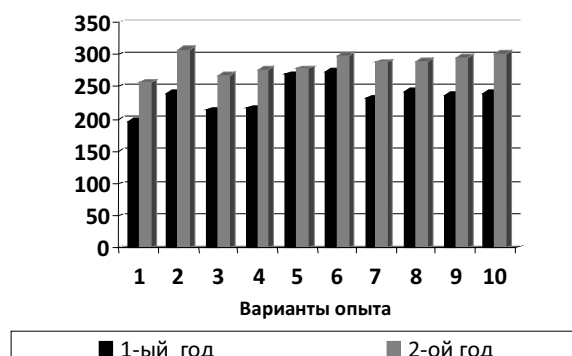


Рис. 1. Влияние осадка сточных вод на высоту растений ивы энергетической в первый и второй год вегетации, см

Fig.1. Effect of sewage sludge on plant height of willow energy in the first and second year of vegetation , cm

Высота растений ивы энергетической от показателей контрольного варианта увеличивается до варианта 5, поскольку в варианте 2 вносили минеральные удобрения, в 3 варианте - осадок сточных вод, а в 4 и 5 вариантах увеличивалась норма внесения осадка сточных вод, что положительно повлияло на динамику роста ивы энергетической. Уже от варианта 7, где вносили компосты, прирост был несколько меньшим, чем от внесения свежего осадка сточных вод, но больше от контрольного варианта.

Дальнейшие исследования проводили для определения вегетативной массы растения (табл. 2). Для исследования нами были отобраны побеги свежесрезанных растений, которые высушивали до постоянной массы и взвешивали. Полученные результаты пересчитывали на 100 м². Таким образом можно увидеть, как влияет на количество вегетативной массы удобрения осадком сточных вод и компостов на его основе.

В варианте 2 вносили минеральные удобрения, а в варианте 6 - компост на основе осадка сточных вод, поэтому вегетативная масса свежесрезанной ивы самая большая и достигает 140,71 кг/100м² и 131,21 кг/100м². Осадок сточных вод отмечается сравнительно высоким содержанием питательных веществ и определенным мелиоративным и

агрохимическим эффектом на дерново-подзолистых почвах Прикарпатья.

Таблица 2. Динамика вегетативной массы ивы энергетической

Table 2. Dynamics of vegetative mass energy willow

Варианты опыта	Урожай биомассы, кг/100 м ²	Сухая биомасса, кг
1	57,02	42,77
2	140,71	120,38
3	64,15	57,76
4	85,54	74,45
5	116,03	109,7
6	131,21	123,02
7	75,5	68,11
8	67,06	54,91
9	66,53	54,91
10	85,01	75,5

Внесение его под иву энергетическую позволяет с одной стороны снизить загрязненность поверхностных и грунтовых вод, с другой – обеспечивает значительный объем доступных ресурсов биомассы, которая может широко использоваться на энергетические цели.

ВЫВОДЫ

Согласно проведенным исследованиям использование осадка сточных вод под насаждения ивы энергетической является эффективным агротехническим мероприятием. При внесении осадка сточных вод в норме 60-80 т/га увеличивается рост, развитие и продуктивность ивы энергетической, но ввиду неудобства внесения свежего осадка, можно рекомендовать в таких случаях компосты на основе осадка сточных вод и опилок (3:1) в норме 60 т/га.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Malyovanyu M. S. 2007. Vidnovlyvani dgerela energii. Optymalnuu sklad biocompozitsii. – Kyiv: Himichna promyslovictj Ukrainy. – № 2 (79). – 61-64.

2. Ubuhunov L. L. 2005. Povyszenie agrohimichrskoy efektyvnosti osadkov gorodskyyh stochnyh vod. – Ulan – Ude: Izd-vo BNZ SO RAN. – 173.

3. Niemec W. 2010. Uvagi do zakladania i eksploatacji plantacji wieriby energetycznej (Salix viminalis). – Visnyk LNAU : agronomia.– № 14 (2). – 188-193.

4. Pokrovskaya S. F. 1977. Ispolzovanie osadkov stochnyh vod v seljskom hozyajstve. – M. : VNIITEISH– 44.

5. Afanasjev R. A. 2000. Metodicheskiye rekomendacii po izucheniyu effektivnosti netradsionnyh organicheskyyh i organo-mineralnyh udobreniy. – M. : Agrokonsalt. – 40.

6. Vorobjova R. P. 2000. Ispolzovanie osadkov stochnyh vod: Agrohimicheskij vestnik.– № 6. –36-37.

7. Anciferova E. Y. 2003. Ecologo-agrohimicheskaya ocenka osadkov stochnyh vod, ispolzyemyh v kachestve udobrenia : autoref. dysertacii na soiskanie uch. stepeni kand. biol. nauk. – M. – 23.

8. Karol Cupial. 2011. Instalacja zgazowujaca osuszony osad sciekowy // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 13. 80-93.

9. Gorodnyj M. M. 2002. Biotehnologia odergannya organo-mineralnyh dobryv z vtorynnoi syrovyny ta ih vykorystannya. Naukovyj visnyk NAU,– № 48. – 231-236.

10. Humnytskyj Y. M. 2005. Biopotencial Lvivskoi oblasti. Visnyk natsionalnogo universytetu “Lvivska politechnika”,– № 536. – 220-222.

11. Dyshlyuk V. E. 2000. Microelementnyj sklad ta vukorystannya osadiv stichnyh vod miskyh ochysnyh sporud chu organo-mineralnyh dobryv. Visnyk Dnipropetrovskogo dergavnogo agrarnogo universytetu. – K. : Agrarna nauka, – № 1-2. – 61-62.

12. Dzvytskyh E. V. 2000. Ecologicheskie aspekty technologii obrabotki osadkov stochnyh vod. Tez. dokl. IV Megdunar. Congressa “Voda: ecologia I technologia”. – M.,– 500-501.

13. Zceleznaya T. A. 2008. Energeticheskiye kultury kak efektyvnyj istochnik vozobnovlyaemoj energii. – t. 30. – № 3. – 60-67.

14. Korolenko I. D. 2004. Izuchenie vozmozhnosti ispolzovaniya osadkov stochnyh vod dlya polucheniya agronomicheskii efektyvnyh I

- bezopasnyh udobrenij : avtoref. dys. s. s.-h. n.– M. – Nemchynovka,– 20.
15. Dabahova E. V. 2011. Otcenka vozdeystviya utilizatsii othodov na sostojanie agroecosystemy I problemy normirovaniya. Agrohimicheskij vestnik,– № 2. – 6-8.
16. Popova L. G. 1990. Vlijanie osadkov stochnyh vod na biologicheskiju aktivnostj pochvy. Tr. nauchno-pract. conf. “Voprosy ekologii v intensivnyh zemledelijah Povolzya” – Saratov : Znanie,– 75-77.
17. Izdebski Waldemar. 2011. Analiza pomorze // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 13. 157-163.
18. Lipski Ryszard. 2011. Wykorzystanie biomasy jako energii odnawialnej w Polsce na przykladzie cieplowni opalanej sloma w gminie Wieniawa // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 13. 164 -172.
19. Sobczyk Wiktoria. 2011. Evaluation of harvest of energetic basket willow. // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 11. 343-353.
20. Henryk Rode. 2011. The energy of cutting process of a selected energy plant // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 11. 326-334.

WILLOW ENERGY PRODUCTIVITY FOR VARIOUS APPLICATION RATE OF SEWAGE SLUDGE ON SOD-PODZOLIC SOILS OF THE CARPATHIAN REGION

Annotation. Accumulation in large amounts of waste utilities increases the area of sludge cards alienation of additional areas of productive land, water pollution. Environmentally safe disposal of sewage sludge remains one of the most critical environmental problems and requires immediate solution. The results of studies of productivity depends willow energy at different rates of application of sewage sludge and composting on its base on sod-podzolic soils of the Carpathian

Key words: sewage sludge, willow energy, sod-podzolic soils, biomass.

ОЦЕНКА ДЕФОРМИРУЕМОСТИ ЗАГОТОВОК В ПРОЦЕССЕ ВАЛЬЦОВКИ

¹Ирина Гунько, ²Юрий Добранюк¹Винницкий национальный аграрный университет²Винницкий национальный технический университет¹г. Винница, ул. Сонячна 3, ²г. Винница, Хмельницькое шоссе 95¹Iryna Gun'ko, ²Yuriy Dobranuk¹Vinnitsa National Agrarian University²Vinnitsia National Technical University

Аннотация. Проанализировано формоизменение и решена задача определения напряженно-деформированного состояния цилиндрической заготовки при вальцовке с использованием имитационного моделирования в программном комплексе DEFORM 3D. Получены картины формоизменения и распределения накопленных повреждений заготовки при деформировании. Проведено исследование опасных, с точки зрения накопления повреждений, участков заготовки. Для этого было построено и проанализировано траектории деформаций на указанных участках заготовки.

Ключевые слова: напряженно-деформированное состояние, свободная поверхность заготовки, показатель напряженного состояния, накопленная деформация, накопленные повреждения, вальцовка.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Вальцовка заготовок относится к высокоэффективным технологическим процессам и делится на три основных вида: формовочная – для получения фасонных заготовок под последующую штамповку на прессах или молотах; штамповочная – для получения штампованных заготовок (производство заготовок лопаток горячей вальцовкой); калибровочная – для точной холодной вальцовки деталей вместо обработки резанием (производство холодной вальцовкой заготовок тонкопрофильных компрессорных лопаток) [1, 2].

Преимущественно процесс формовочной вальцовки используется в качестве подготовительной операции к объемной штамповке с целью целенаправленного перераспределения металла исходной заготовки. Этим обеспечивается устранение чрезмерной неравномерности деформации и одновременного заполнения металлом полости штампа при

объемной штамповке; достижение роста степени деформации и производство качественных штампованных изделий с высоким коэффициентом использования металла; производство сложно профилированных изделий, в том числе с криволинейной осью; формирование благоприятной структуры металла и улучшение его механических характеристик [1, 2, 3, 4, 5].

При разработке процесса формовочной вальцовки достаточно важными задачами есть анализ формоизменения и оценка напряженно-деформированного состояния (НДС) заготовки при деформировании. Решение указанных задач позволяет определять потенциально опасные зоны деформированной заготовки и учесть обнаруженные особенности при корректировке технологического процесса.

При этом появляется возможность определять зоны локаций рассеянных повреждений материала, так как для устранения брака и обеспечения высокого качества изделий важно уметь оценить уровень накопленных в материале заготовки повреждений, используя критерии деформируемости [2, 5, 6]. Поскольку даже при отсутствии макротрещин, участки заготовки с реально достигнутым высоким уровнем накопленных повреждений потенциально опасны как для финишных операций объемной штамповки, так и в процессе эксплуатации готовых изделий. Поэтому необходимы надежные методы обнаружения таких участков на этапах контроля качества готовой продукции.

Кроме того, решение задачи анализа формоизменения и оценки НДС материала заготовки дает возможность назначать рациональные параметры процесса холодной вальцовки или обоснованно переходить к более энергоемким процессам горячей валь-

цовки материалов при их недостаточной пластичности.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

За последние годы широкое распространение получило моделирование процессов деформирования методами конечных и граничных элементов с помощью специализированных пакетов [7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15]. Однако известные результаты касаются, прежде всего, формоизменения заготовок при деформировании, распределения интенсивности напряжений и деформаций в условиях неполного анализа полученных результатов и недостаточно прозрачного отображения условий имитационного моделирования.

Задача определения НДС материала заготовки при вальцовке может быть решена с помощью современных супермощных специализированных пакетов конечно-элементного моделирования типа ANSYS, LS-DYNA и DEFORM 3D. Использование подобных программных продуктов предоставляет возможность осуществления выбора параметров моделирования в широких пределах. Поэтому результаты конечно-элементного моделирования не всегда достаточно адекватные реальным условиям деформирования конкретной заготовки. В работе [7] предложена методика использования экспериментально-аналитического метода определения НДС к настройке моделирования пластического деформирования с помощью программного комплекса DEFORM 3D.

Усовершенствованный экспериментально-аналитический метод определения НДС [7, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22] может быть положен в основу анализа НДС материала заготовки на свободной поверхности в процессах вальцовки [4], которая, как правило, есть наиболее опасной с точки зрения концентрации накопленных рассеянных повреждений.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Задача оценки деформируемости в процессах вальцовки состоит фактически из двух отдельных задач:

1. Анализа формоизменения заготовки при деформировании.

2. Оценки НДС материала заготовки при вальцовке.

Объект исследования. НДС и деформируемость материала свободной боковой поверхности цилиндрической заготовки при вальцовке.

Целью данной работы есть оценка формоизменения, НДС и деформируемости заготовок при вальцовке с использованием имитационного моделирования в программном комплексе DEFORM 3D.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Для изучения процесса вальцовки цилиндрических заготовок между гладкими цилиндрическими валками [4] было проведено моделирование в программном комплексе DEFORM 3D. Исследуемый образец моделировался с обеспечением геометрических размеров: $d_1 = 10 \text{ mm}$; $l = 40 \text{ mm}$. Материал – пластичный алюминиевый сплав Al – 1100, Gold [70F (20 °C)] (аналог сплава АД в странах СНГ ГОСТ 4784-97), который выбирался из доступных в программном комплексе библиотек материалов.

Смоделированный образец разбивался на совокупность конечных элементов с определенной связью. То есть, на образце моделировалась сетка конечных элементов со следующими параметрами: тип сетки – объемная, тип конечного элемента – кубик, количество элементов – 11400, количество узлов – 13736, количество поверхностных многоугольников – 4428. Сетку в заготовке получали методом вытягивания поперечного сечения, в котором построена сетка из 100 элементов с обеспечением вдоль оси коэффициента отношения 2.

Рабочий инструмент: два гладких цилиндрических валка ($d = 60 \text{ mm}$). В качестве физических соотношений между напряжениями и деформациями использовали соотношение теории течения, упрочнения материала – изотропное, структура – нормализованная. Скорость перемещения (вращения) главного инструмента (валков) составляет 0,1047 рад./с. Параметры вальцовки: расстояние между валками $d_3 = 4 \text{ mm}$. Схематически процесс вальцовки показан на рис. 1.

Заготовку деформировали по всей длине. Время деформирования – 35 с. Расчет про-

цесса в программном комплексе разделен на 75 шагов. В связи с тем, что процесс деформирования в данном случае есть симметричным, то моделирование проводилось 1/4 части образца с учетом граничных условий в плоскостях симметрии. На рис. 2 и 3 показано изображение заготовки, построенной сетки и инструмента при вальцовке.

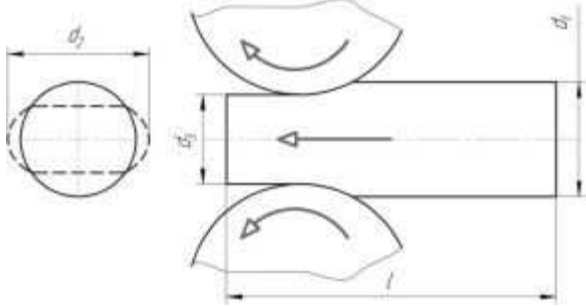


Рис. 1. Схематическое изображение процесса вальцовки

Fig. 1. Schematic representation of the process of rolling

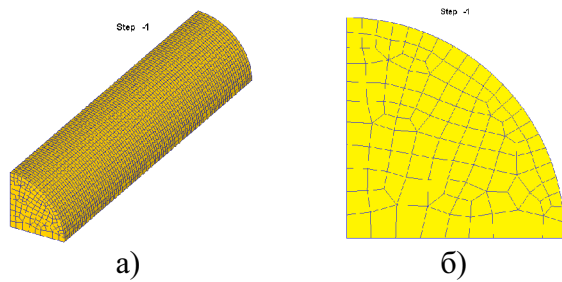


Рис. 2. Заготовка для вальцовки: а) построение сетки в 1/4 части заготовки; б) построение сетки в поперечном сечении

Fig. 2. Billet for rolling: a) the construction of a mesh of 1/4 of the billet, and б) the construction of a mesh in the cross section of the billet

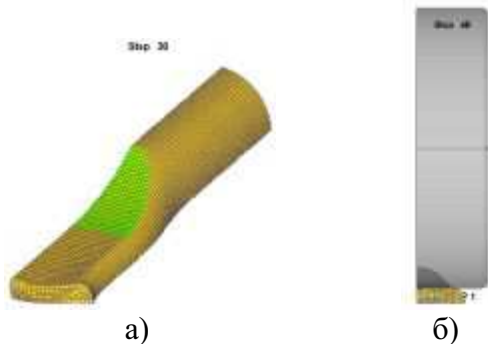


Рис. 3. Заготовка и инструмент при вальцовке а) и б)

Fig. 3. Billet and tool during rolling a) and б)

В результате проведенного имитационного моделирования получены картины

формоизменения заготовки, распределения в ее объеме интенсивности напряжений, накопленной деформации и накопленных повреждений при деформировании (рис. 4).

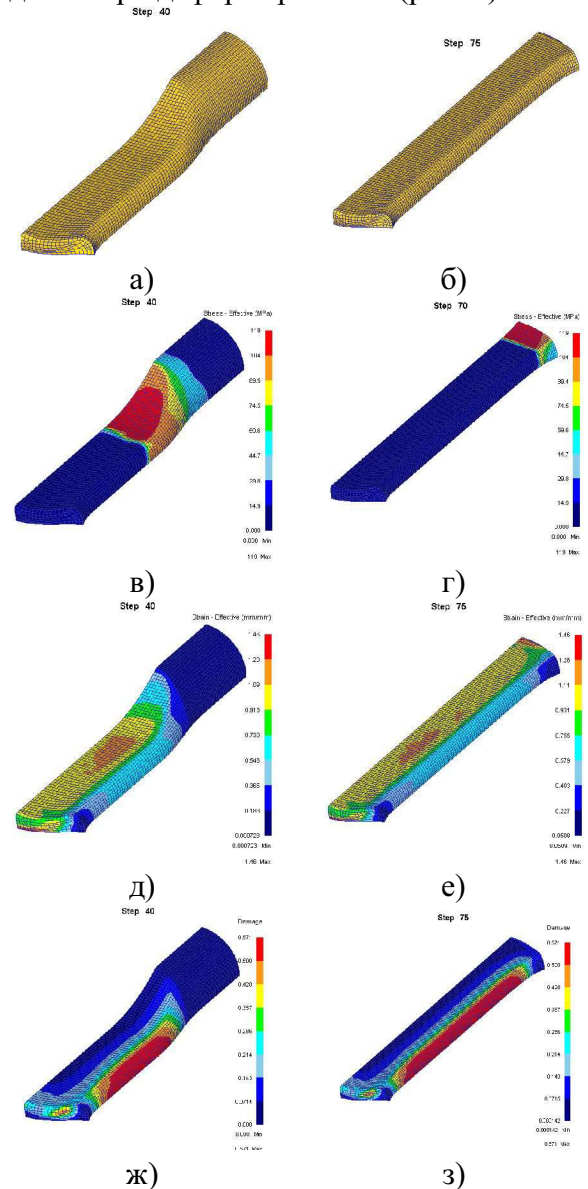


Рис. 4. Формоизменение и распределение в 1/4 цилиндрической заготовки на промежуточном а), в), д), ж) и конечном б), г), е), з) шагах деформирования вальцовкой: а), б) – формоизменение в), г) – интенсивности напряжений; д), е) – накопленной деформации; ж), з) – накопленных повреждений

Fig. 4. Forming and distribution in 1/4 of a cylindrical billet on the intermediate а), в), д), ж) and final б), г), е), з) steps of deformation during rolling a), б) – forming, в), г) – stress intensity; д), е) – accumulated strain; ж), з) – accumulated damage

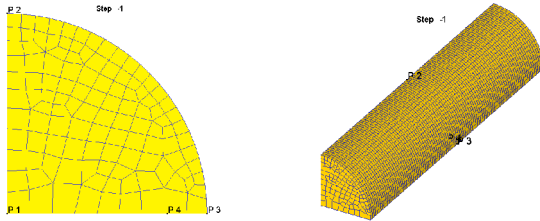
Повреждение в программном комплексе DEFORM 3D вычисляются согласно модели Cockroft-Latham [6]:

$$\int_0^{\epsilon_u} \frac{\bar{\sigma}_{\max}}{\sigma_u} \cdot d\epsilon_u = C, \quad (1)$$

где: $\bar{\sigma}_{\max}$ – максимальное главное растягивающее напряжение; C – константа материала.

Для потенциально наиболее опасной части заготовки, с точки зрения накопления повреждений, проведен анализ НДС. Суть проведенного анализа заключалась в построении траектории деформаций в координатах $\epsilon_u - \eta$ для точки боковой поверхности заготовки: ϵ_u – накопленная деформация, η – показатель напряженного состояния [2, 4, 5, 6, 7, 16, 17, 18, 19].

Схема расположения указанных точек проиллюстрирована на рис. 5. Начало координат находится на оси заготовки в точке начала деформирования. Ось заготовки – направление 0X.



№ точки	X, мм.	Y, мм.	Z, мм.
P1	20	0	0
P2	20	0	5
P3	20	5	0
P4	20	4	0

Рис. 5. Расположение исследуемых точек цилиндрической заготовки

Fig. 5. Placement of the studied points of cylindrical billet

Траектории деформаций, которые представлены на рис. 6, строили на основе табличных значений компонент напряжений и накопленной деформации, полученных в пакете DEFORM 3D.

Анализ представленных результатов свидетельствует о том, что потенциально опасной есть точка P3, которая расположена в средней по высоте части боковой поверхности. Это связано с тем, что траектория деформаций для точки P3 находится в области более жесткого напряженного состояния.

Особого внимания требует анализ сравнения траекторий P1 и P3. Из полученных результатов следует, что траектория P3 находится в области более неблагоприятного напряженного состояния, а траектории P1 соответствует значительно большая накопленная деформация. Итак, инициирование процесса разрушения возможно в обеих точках и зависит от кривой предельных деформаций исследуемого материала.

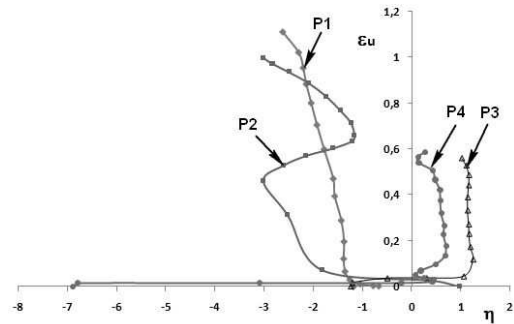


Рис. 6. Траектории деформаций для различных точек цилиндрической заготовки, построенные по результатам имитационного моделирования в программном комплексе DEFORM 3D

Fig. 6. Strain's trajectories for different points of cylindrical billet that are built according to the results of simulation in the complex software DEFORM 3D

Из представленных на рис. 4 картин распределения накопленной деформации и накопленных повреждений согласно модели Cockroft-Latham (1) и проведенного сравнительного анализа траекторий деформаций опасных точек заготовки, очевидно, что одной из самых опасных областей заготовки относительно накопления повреждений есть средняя по высоте свободная боковая поверхность заготовки. Поэтому особого внимания требует исследование напряженно-деформированного состояния заготовки на свободной боковой поверхности (точка P3).

Для детального анализа деформируемости и напряженно-деформированного состояния в потенциально опасной точке P3 заготовки при вальцовке, построены графики изменения накопленных повреждений согласно модели Cockroft-Latham (1) и накопленной деформации в этой точке (рис. 7).

На основе основанного в работе [7] и частично развитого в работах [4, 16, 17, 18]

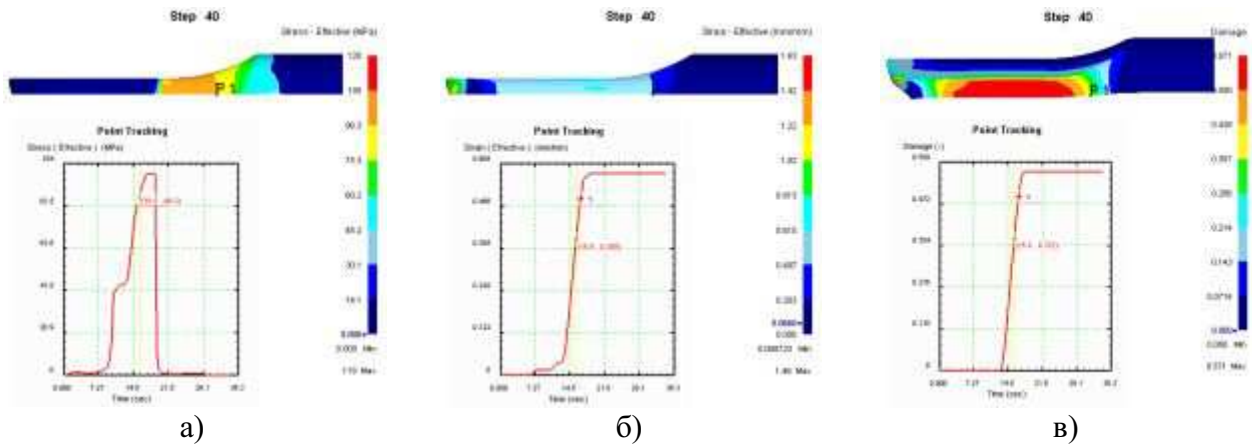


Рис. 7. История изменения параметров деформируемости потенциально опасной точки P3 заготовки при вальцовке: а) – интенсивности напряжений б) – накопленной деформации; в) – накопленных повреждений

Fig. 7. History change of parameters deformability the potentially dangerous point P3 of the billet during rolling а) – stress intensity, б) – accumulated strain; в) – accumulated damage

подхода была разработана методика построения траекторий деформаций для точек свободной боковой поверхности цилиндрической заготовки при вальцовке. Методика базируется на комбинировании результатов имитационного моделирования с помощью программного комплекса DEFORM 3D и экспериментально-аналитического подхода [16, 17, 20]. Исходными данными есть зависимости между осевой ε_z и круговой ε_y деформациями [4, 16], полученные при имитационном моделировании процесса деформирования. Для учета особенностей механики формоизменения зависимость $\varepsilon_z = f(\varepsilon_y)$ конструировали в виде дифференциального уравнения [4, 17].

$$\frac{d\varepsilon_z}{d\varepsilon_y} = -\frac{\xi \cdot \varepsilon_y^2 + 2 \cdot m^2}{\varepsilon_y^2 + m^2}, \quad m > 0, \quad \frac{1}{2} \leq \xi \leq 2, \quad (2)$$

где $m > 0$ – константа.

Решением уравнения (2) получено структуру искомой зависимости, которую запишем в параметрической форме [4, 17]

$$\begin{cases} \varepsilon_y = m \cdot \operatorname{tg}(t); \\ \varepsilon_z = -m \cdot (\xi \cdot \operatorname{tg}(t) + (2 - \xi) \cdot t); \end{cases} \quad t \in \left[0, \frac{\pi}{2}\right]. \quad (3)$$

Значения параметров m, ξ определяли методом наименьших квадратов. Так как данный метод приводит к необходимости решения трансцендентного уравнения сложной структуры, то значение указанных параметров определяли реализацией непосредственной минимизации с помощью стандарт-

ной команды дополнительного пакета Optimization системы Maple и перепроверяли полученные значения с помощью надстройки Microsoft Excel Solver. Полученные результаты аппроксимирования зависимости между деформациями представлены на рис. 8.

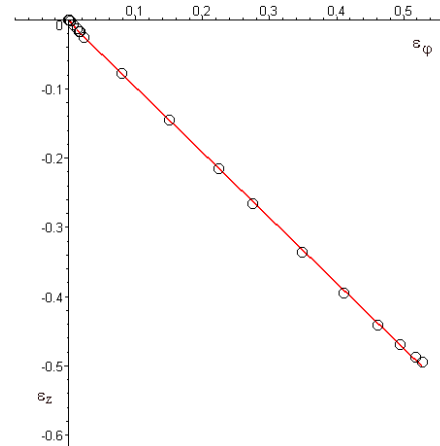


Рис. 8. Значение деформаций, полученных в DEFORM 3D при вальцовке и их аппроксимация зависимостью (3): параметры $m = 0,00236$; $\xi = 0,94144$, сумма квадратов отклонений равна 0,000055

Fig. 8. The value of strain obtained in DEFORM 3D during rolling and approximation of relation (3): parameter $m = 0,00236$; $\xi = 0,94144$, sum of squared deviations equal to 0.000055

Используя указанную комбинированную методику и полученные значения параметров аппроксимации зависимостей между

компонентами деформаций ε_z и ε_y , полученные при имитационном моделировании процесса вальцовки в программном комплексе DEFORM 3D, моделируем напряженно-деформированное состояние в точке P3 заготовки. С этой целью получены выражения для определения накопленной деформации и показателя напряженного состояния.

Согласно (3), соотношение для накопленной деформации принимает вид [4, 16, 17]:

$$\varepsilon_u(t, m, \xi) = \frac{2}{3} \cdot m \cdot \sqrt{3} \times \int_0^t \sqrt{\frac{\xi^2 - \xi + 1}{\cos^4(\tau)} - \frac{2 \cdot \xi^2 - 5 \cdot \xi + 2}{\cos^2(\tau)} + (2 - \xi)^2} d\tau \quad (4)$$

Применение теории течения и условия отсутствия радиального напряжения на свободной боковой поверхности, позволило получить соотношение для показателя напряженного состояния [4, 16, 17]:

$$\eta(t, \xi) = \frac{6 \cdot (-\xi - (2 - \xi) \cdot \cos^2(t) + 1)}{\sqrt{9 + 3 \cdot (1 - 2 \cdot \xi - 2 \cdot (2 - \xi) \cdot \cos^2(t))^2}} \quad (5)$$

С использованием соотношений (4) и (5), построено траекторию деформаций в соответствии с комбинированной методикой имитационного и экспериментально-аналитического моделирования (рис. 9).

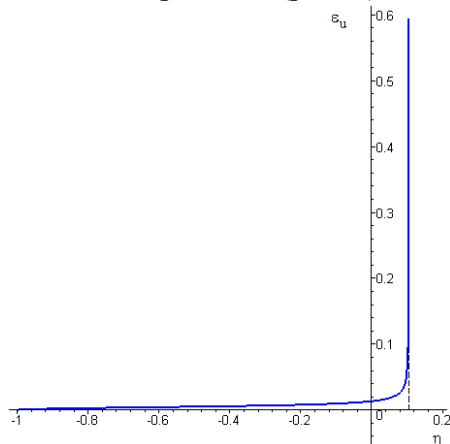


Рис. 9. Траектория деформаций потенциально опасной точки P3 цилиндрической заготовки согласно комбинированной методике (расчеты по соотношениям (6), (7))

Fig. 9. The trajectory of strain the potential dangerous point P3 of the cylindrical billet by combined method (calculation of the ratio (6), (7))

ВЫВОДЫ

Проведенный анализ результатов моделирования процесса деформирования свидетельствует о том, что на свободной боковой поверхности заготовки при отмеченных выше параметрах вальцовки буквально на начальных этапах деформирования реализуется стабильное напряженное состояние, близкое к одноосному растяжению. При этом наиболее опасной, с точки зрения разрушения, есть средняя по высоте боковая поверхность цилиндрической заготовки, в которой напряженное состояние наиболее "жесткое", и область в центре симметрии – с наибольшей накопленной деформацией.

Проведенное исследование НДС опасной с точки зрения накопления повреждений точки P3 заготовки при вальцовке согласно комбинированной методике, в которой использовали полученную при имитационном моделировании зависимость между компонентами деформаций, также свидетельствует, что на свободной боковой поверхности на начальных этапах деформирования реализуется стабильное напряженное состояние, но оно соответствует комбинированию сдвига и растяжения. Полученные результаты моделирования требуют дополнительного исследования, что есть одним из направлений дальнейшей работы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Opredeleniye vozmozhnosti poyavleniya defektov pri shtampovke pokovok s primeneni- yem protsessa val'tsovki podgoto-vitel'nykh ruch'yev / [S. A. Skryabin, I. V. Gun'ko, D. S. Chayka, I. A. Bubnovskaya] / Obrabotka materialov davleniyem: sbornik nauchnykh trudov. – Kramatorsk : DGMA. – 2010. – №3(24). – 76–81.
2. Matviychuk V. A., Aliyev I. S. 2009. Sovershenstvovaniye protsessov lokal'noy rotatsionnoy obrabotki davleniyem na osnove analiza deformiruyemosti metallov: monografiya – Kramatorsk: DGMA, – 268. ISBN 978-966-379-317-7.
3. Skryabin S. A., Gun'ko I. V., Bubnovskaya I. A. 2011. Issledovaniye neravno-mernosti deformatsii i raspredeleniya tempera-turnogo polya v ochage deformatsii s uchetom razvitiya deformatsii vo vremeni // Tekhno-logicheskiye sistemy: nauchno-tekhnicheskii zhurnal . –

- Kiyev: Tekhnologicheskkiye sistemy. — №1(54). — 50–53.
4. Gun'ko I. V. 2012. Otsinka hranychnykh mozhlyvostey protsesu ta deformivnosti materialiv pry formuvanni zahotovok val'tsyuvannyam // Visnyk Nat-sional'noho tekhnichnoho universytetu "KHPI". Zbirnyk naukovykh prats'. Tematychnyy vypusk: Novi rishennya v suchasnykh tekhnolohiyakh. — Kharkiv: NTU "KHPI" — №47(953) — 23–28.
 5. Ogorodnikov V. A. 1983. Otsenka deformiruyemosti metallov pri obrabotke davleniyem / V. A. Ogorodnikov — K. : Vyshcha shk., — 200.
 6. Mykhalevych V. M. 1998. Tenzorni modeli nakopychennya poshkodzen' / V. M. Mykhalevych — Vynnytsya : UNIVERSUM—Vynnytsya,— 195. — ISBN 966-7199-20-7.
 7. Dobranyuk Yu. V., Aliyeva. L. I., Mykhalevych V. M. 2010. Modelyuvannya za dopomohoyu prohramnoho kompleksu DEFORM 3D napruzhenno-deformovanoho stanu na bichniy poverkhni tsylindrychnoho zrazka pid chas tortsevoho stysnennya // Obrabotka metallov davleniyem : sbornyk nauchnykh trudov. — Kramatorsk : DHMA.— №4(25). —3–10.
 8. Pesin A. M., Salganik V. M., Pustovoytov D. O. Modelirovaniye formo-izmeneniya poverkhnostnykh treshchin neprery-vnolitogo slyaba pri chernovoy prokatke na shirokopolosnom stane // [Elektronniy resurs] — 3. Rezhim dostupu do roboty: http://www.thesis.com.ru/infocen-ter/downloads/deform/deform_es10_maggtu-2.pdf.
 9. Zheglova V., Nikolenko I., Sosnowski St. 2007. Researches of geometrical parameters of the rotary allocator of variable displacement axial piston hydromachine // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture — Lublin, Vol. 7. 286–292.
 10. Dolgova Ye. 2009. Chislennoye issledovaniye napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya elementov opornykh stoyek morskikh stal'nykh ledostoykikh platform / Ye. Dolgova // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture — Lublin, Vol. 11B. 72–77.
 11. Włodarczyk M., Kuczmaszewski J. 2009. Analiza wpływu wielkości niedoklejenia na wytrzymałość zakładkowych połączeń klejowych // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture — Lublin, Vol. 11C. 120–129.
 12. Andrejko D., Kania M., Łatka A., Rydzak L. 2011. Wpływ obrybki cieplnej promieniami podczerwonymi na proces przemiału ziarna pszenicy odmiany korynta // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture — Lublin, Vol. 13. 7–13.
 13. Gulyi A., Kobyzska. A. 2012. Pumping equipment effectiveness increase by means of ejector application as preliminary stage for high-speed pump units // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture — Lublin, Vol. 14. No. 1. 158–163.
 14. Chausov N., Berezin V., Pilipenko A. 2012. Modelirovaniye mekhani-cheskoy sistemy ispytatel'naya mashina — ustroystvo dlya impul'snogo vvoda energii v sistemu — obrazets // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture — Lublin, Vol. 14. No. 3. 206–214.
 15. Milenin A., Kustra P. 2008. The multiscale FEM simulation of wire fracture phenomena during drawing of Mg alloy // Steel Research International. — № 79. — 717–722.
 16. Mikhalevich V. M., Lebedev A. A., Dobranyuk YU. V. 2011. Modelirovaniye plasticheskogo deformirovaniya tsilindricheskogo obraztsa pri tortsevom szhatii // Probl. prochnosti. — № 6. —5–22.
 17. Mikhalevich V. M., Lebedev A. A., Dobranyuk YU. V. 2011. Modeling of plastic deformation in a cylindrical specimen under edge compression // Strength of Materials. — Volume 43, Number 6, 591–603, DOI: 10.1007/s11223-011-9332-7.
 18. Mikhalevich V. M., Krayevs'kiy V. A., Dobranyuk YU. V. 2009. Modelirovaniye pre-del'nykh deformatsiy na svobodnoy poverkhnosti pri osesimmetrichnoy osadke // Progressivnyye metody i tekhnologicheskoye osnashcheniye protsessov obrabotki metallov davleniyem: mat. mezhdunarod. nauch.-tekhn. konf. — Balt. gos. tekhn. un-t., SPb. 108–112. — ISBN 978-5-85546-474-0.
 19. Mikhalevich V. M., Dobranuk Y. V., Kraevsky V. A., Mikhalevich O. V. 2008. Dependence of plastic ultimate strain from a friction at end faces at axisymmetric compression // Bulet. Inst. Politehnic Din Iasi. — Iasi. — Tomul LIV(LVIII), Fasc. 3-4 — 49–53.

20. Mykhalevych V. M., Dobranyuk YU. V., Trach YE. A. 2011. Vyznachennya hranychnykh deformatsiy bichnoyi poverkhni tsylindrychnykh zrazkiv pid chas visesymetrychnoho osadzhennya za dopomohoyu imitatsiynoho modelyuvannya // Visnyk Natsional'noho tekhnichnoho universytetu "KHPI". Zbirnyk naukovykh prats'. Tematychnyy vypusk: Novi rishennya v suchasnykh tekhnolohiyakh. – Kharkiv: NTU "KHPI" — №45 – 104–107.
21. Mikhalevich V. M., Matviychuk V. A., Dobranyuk YU. V., Trach Ye. A., Zaykova V. S. 2012. Postanovka i reshe-niye chastnogo sluchaya osnovnoy zadachi teorii summirovaniya povrezhdeniy // Visnyk Natsional'nogo tekhnichnoho universitetu "KHPI". Zbirnik naukovykh prats'. Tematichniy vipusk: Novi rishennya v suchasnykh tekhnolohiyakh. – Kharkiv: NTU "KHPI" –. – №47(953) – 67–71.
22. Mikhalevich V. M., Matviychuk V. A., Dobranyuk YU. V., Trach Ye. A. 2012.

Prohnozuvannya hranychnoho stanu bichnoyi poverkhni tsylindrychnykh zrazkiv pry tortsevomu stysnenni // Obrabotka metallov davlenyem: sbornyk nauchnykh trudov. – Kramatorsk: DHMA — №1(30) –24–30.

ESTIMATION OF DEFORMABILITY BILLETS DURING ROLLING

Summary. Forming analyzed and solved the problem of determining the stress-strain state of a cylindrical billet during rolling using simulation in the software package DEFORM 3D. Patterns of forming and distribution of the accumulated damages to the billet during deformation is received. A study of dangerous, in terms of damage accumulation, points billet is performed. For this it was constructed and analyzed the trajectory of deformation at these points of the billet.

Key words: stress-strain state, free surface of the billet, stress state parameter, accumulated strain, accumulated damage, rolling.

ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ КОЛЕСНОГО ТРЕЛЕВОЧНОГО ТРАКТОРА

¹*Богдан Билык, ¹Николай Борис, ²Сергей Мохов, ²Василий Симанович*

¹*Національний лесотехнічний університет України*

²*Белорусский государственный технологический университет*

г. Львов, ул. Ген. Чупринки, 103. Украина, ² г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Беларусь

¹*Bohdan Bilyk, ¹Mykola Borys, ²Sergiy Mokhov, ²Vasil Simanovich*

¹*Ukrainian National Forestry University*

²*Belarusian state technological university*

Аннотация. Выполнен анализ условий работы лесных тракторов и машин на их базе, а также влияние этих условий на эксплуатационные свойства тракторов. Разработана расчетная схема динамической модели трансмиссии двухосного колесного трактора и компьютерная программа для моделирования движения трактора и динамических процессов в трансмиссии, которая позволяет исследовать влияние весовых и геометрических параметров, мощности двигателя и передаточных чисел трансмиссии на его скоростные характеристики, коэффициенты динамичности и топливную экономичность. Представлены результаты математического моделирования разгона с места и динамических нагрузок в трансмиссии колесного трелевочного трактора. Получены зависимости коэффициентов динамичности, показателей топливной экономичности и скоростных свойств от передаточных чисел агрегатов трансмиссии. Обоснованы рациональные значения передаточных чисел раздаточной коробки колесного лесного трактора, что будет способствовать уменьшению динамических моментов, а значит увеличит долговечность работы колесной лесотранспортной машины.

Ключевые слова: трансмиссия, динамические нагрузки, коэффициент динамичности, передаточное число, трелевочный трактор.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

За последние годы на лесозаготовительных работах наблюдается тенденция широкого применения колесных тракторов. Они служат базой для многооперационных машин: харвестеров, форвардеров, харвардеров, а также подвесных канатных систем различных модификаций в горных районах [1,2]. Использование таких машин способ-

ствует увеличением производительности труда, повышению экологичности, надежности и безопасности их работы.

Для совершенствования конструкций лесных машин важно еще на стадии проектирования учесть условия их эксплуатации. Существенное влияние на машину оказывают дорожные условия, которые характеризуются сложным профилем и микропрофилем опорной поверхности, значительными силами сопротивления дороги, наличием сопротивления скольжению вершины трелеваемого пакета древесины и т.д. Эти сложные условия работы вызывают появление критических вертикальных колебаний, а также значительных динамических нагрузок в элементах ходовой системы и агрегатах трансмиссии трактора, детали которых часто выходят из строя вследствие ускоренного ищерпывания ресурса долговечности. Особенно ощутимы они на переходных режимах движения, в частности во время трогания и разгона.

Улучшение показателей эксплуатационных свойств лесных машин требует проведения теоретических и экспериментальных исследований. Важным направлением теоретических исследований является математическое и имитационное моделирование движения машин в различных условиях эксплуатации. Поэтому исследование влияния параметров силовой передачи лесного трактора на динамические нагрузки трансмиссии, топливную экономичность и скоростные свойства актуальны и будут способствовать повышению надежности проектированных машин.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Показатели эксплуатационных свойств транспортных средств определяют путем мо-

делирования процессов движения и колебательных процессов в трансмиссиях. Для этого используют приведенные модели, в которых параметры всех элементов сводятся к одному из валов (предпочтительно к валу двигателя) [3-10].

По результатам исследований вертикальных колебаний транспортных средств установлено, что эти колебания возмущаются предпочтительно единичными неровностями поверхности дороги, которые повторяются (длина между неровностями дороги обычно составляет 0,8-3,0 м и редко превышает 4,5 м [4]), и протекают с собственной частотой [5]. Поэтому частоты возмущения крутильных колебаний в трансмиссии, обусловленные изменением моментов сопротивления качению на передних и задних колесах, следует задавать в диапазонах собственных колебаний масс передней и задней осей [11].

Исследованиями влияния условий эксплуатации трелевочных трактора установлено, что при максимальных пиковых нагрузках, которые возникают во время наезда на пни и резкого трогания трактора, происходит поломка деталей переднего ведущего моста [12]. Для увеличения эксплуатационного ресурса зубчатых передач трансмиссии трактора необходимо применять методы их химико-термической обработки.

В статье [13] рассматриваются вопросы динамического синтеза механических систем на примере лесных машин многофункционального назначения в различных эксплуатационных условиях в зависимости от режимов работы двигателя. Воздействию различных конструкций прицепного модуля на динамические нагрузки трелевочных тракторов посвящена статья [14].

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Для оценки динамических нагрузок в агрегатах трансмиссии при разгоне колесного трелевочного трактора, когда внешние возмущения, в частности переменные моменты сопротивления качению на колесах машины, вызывают интенсивные колебания валов трансмиссии, следует определить действительные частоты их колебаний, амплитуды моментов и коэффициенты динамичности. Знание коэффициентов динамичности соб-

ственных частот колебаний позволит принять рациональные конструктивные решения для предотвращения условий возникновения резонансных режимов, а амплитуд моментов – для оценки действительной циклической нагруженности и долговечности деталей трансмиссии.

Поэтому целью данного исследования является установление путем компьютерного моделирования зависимостей коэффициентов динамичности для валов трансмиссии колесного трелевочного трактора, а также показателей топливной экономичности и скоростных свойств от передаточных чисел агрегатов трансмиссии для формулирования путей эффективного проектирования и модернизации этих машин.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Трансмиссии тракторов, в которых включение передач в ступенчатых коробках осуществляется фрикционными муфтами, позволяют переключать передачи при разгоне и движении трактора без остановки, то есть без выключения муфты сцепления. Коробки передач таких трансмиссий имеют гидравлический привод, обеспечивающий сокращение продолжительности самого процесса переключения передач до 0,3-0,8 с, тогда как в коробках с переключением передач передвижными каретками или зубчатыми муфтами это время достигает 1,5 -5,0 с [7,15,16]. Кроме этого фрикционные муфты обеспечивают переключение передач без разрыва потока мощности или с минимальным разрывом, что существенно облегчает возможность маневрирования передачами при движении трактора.

Модель поступательного движения лесной машины с трансмиссией такого типа выгодно подавать в виде системы вращающихся масс: массы, которая является эквивалентной поступательной массе машины; вращающихся масс агрегатов трансмиссии и колес [3,17-22].

Разработанная нами расчетная схема динамической модели трансмиссии двухосного колесного трактора повышенной проходимости подана на рис. 1. Она учитывает упругие свойства и демпфирование механической трансмиссии и наличие муфты сцепления и коробки, включение передач в которой осу-

ществляется фрикционными гидropоджимными муфтами. Схема отображает разветвления силового потока вследствие наличия двух ведущих мостов. Расчетная модель учитывает внешние моменты возмущения – переменные моменты сопротивления качению ведущих колес переднего M_{f1} и заднего M_{f2} мостов, суммарный момент сопротивления подъему трактора и скольжению вершины трельюемого пакета древесины M_5 , переменный момент двигателя M_e и момент трения муфты сцепления M_m . Изменение этих моментов при переключении передач зависит от сил сопротивления движению и темпа нарастания момента двигателя [3,11,16].

На схеме приняты такие обозначения: *приведенные моменты инерции вращательных масс*: J_1 – муфты сцепления, J_2 – шестерен коробки передач и раздаточной коробки, J_{31} и J_{32} , J_{41} и J_{42} – соответственно вращательных частей главных передач и колесных редукторов, а также колес переднего и заднего мостов; J_5 – вращательной массы, которая эквивалентна поступательной массе трактора; *приведенные коэффициенты крутильной жесткости и вязкого сопротивления*: c_1 и k_1 – валов коробки передач и раздаточной коробки, c_{21} , c_{22} и k_{21} , k_{22} – кардан-

ных валов, c_{31} , c_{32} и k_{31} , k_{32} – полуосей и c_{41} , c_{42} и k_{41} , k_{42} – шин соответственно переднего и заднего мостов; *обобщенные координаты (приведенные углы поворота вращательных масс)*: φ_1 – маховика двигателя; φ_2 – коробки передач и раздаточной коробки, φ_{31} и φ_{32} – главных передач и φ_{41} и φ_{42} – колесных редукторов и полуосей переднего и заднего мостов; φ_5 – ведущих колес.

Для моделирования переходящих режимов движения колесного трактора (трогание с места и разгон) согласно расчетной модели нами создана компьютерная программа в среде Delphi 7, которая предусматривает определение основных характеристик динамических нагрузок трансмиссии, топливной экономичности и скоростных свойств.

Изменение моментов сопротивления качению предопределяется изменением динамических нормальных нагрузок на оси трактора, которые зависят от его вертикальных колебаний. Задав интенсивность колебаний трактора амплитудами A_{z1} и A_{z2} вертикальных ускорений масс трактора над передней и задней осями, моменты сопротивления качению определены такими зависимостями:

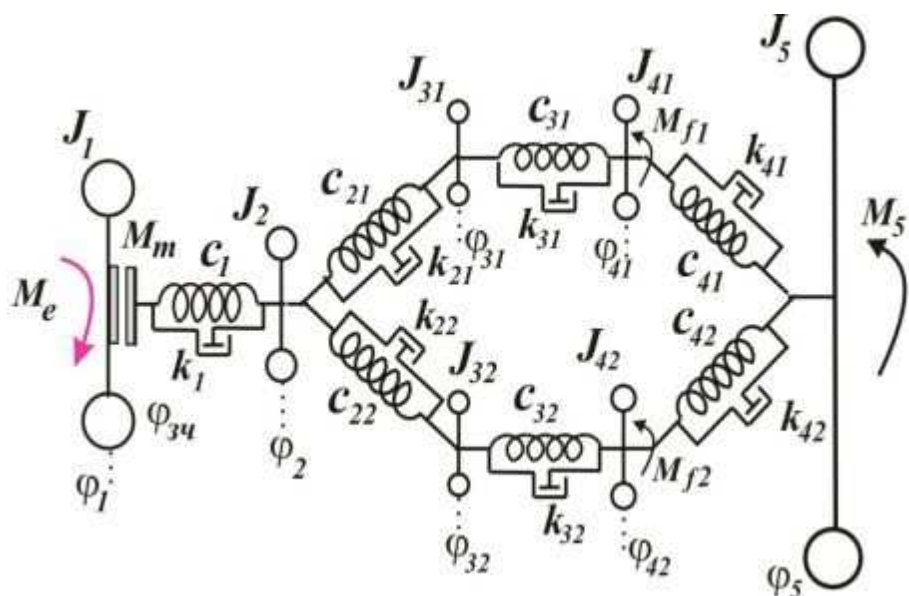


Рис. 1. Схема приведенной расчетной модели крутильных колебаний трансмиссии лесного трактора с колесной формулой 4×4

Fig. 1. Figure of combined twirled vibrations transmission calculation model of forestry tractor with wheel formula 4×4

ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ КОЛЕСНОГО ТРЕЛЕВОЧНОГО
ТРАКТОРА

$$\left. \begin{aligned} M_{f1} &= (m_1 + m_{Q1}) k_{m1} \cdot f \cdot r \times \\ &\quad \times (9,81 + A_{z1} \sin(\omega_{Mf} t)); \\ M_{f2} &= (m_2 + m_{Q2}) k_{m2} \cdot f \cdot r \times \\ &\quad \times (9,81 + A_{z2} \sin(\omega_{Mf} t + \gamma_2)), \end{aligned} \right\} (1)$$

где m_1, m_{Q1} и m_2, m_{Q2} – массы тягача и части массы пакета древесины, приходящая соответственно на переднюю и заднюю оси; k_{m1} и k_{m2} – коэффициенты распределения массы между передним и задним мостами; f – коэффициент сопротивления кочению; r –

рабочий радиус колес; ω_{Mf} – частота вертикальных колебаний, которая может быть равной или отличной от собственной частоты колебаний трансмиссии; γ_2 – фазовый угол, отражающий неодновременность действия микропрофиля на колеса осей.

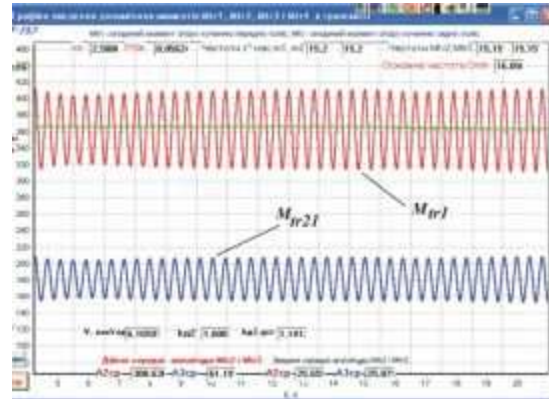
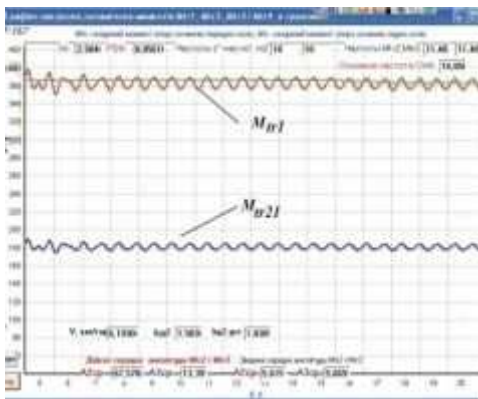
Крутильные колебания трансмиссии, как динамические системы с семью степенями свободы, описано в программе такой системой уравнений:

$$\left. \begin{aligned} J_1 \ddot{\varphi}_1 + k_1 \dot{\varphi}_1 + c_1 \varphi_1 - k_1 \dot{\varphi}_2 - c_1 \varphi_2 &= M_1; \\ J_2 \ddot{\varphi}_2 + (k_1 + k_{21} + k_{22}) \dot{\varphi}_2 + (c_1 + c_{21} + c_{22}) \varphi_2 - \\ - k_1 \dot{\varphi}_1 - k_{21} \dot{\varphi}_{31} - k_{22} \dot{\varphi}_{32} - c_1 \varphi_1 - c_{21} \varphi_{31} - c_{22} \varphi_{32} &= 0; \\ J_{31} \ddot{\varphi}_{31} + (k_{21} + k_{31}) \dot{\varphi}_{31} + (c_{21} + c_{31}) \varphi_{31} - k_{21} \dot{\varphi}_2 - k_{31} \dot{\varphi}_{41} - c_{21} \varphi_2 - c_{31} \varphi_{41} &= 0; \\ J_{32} \ddot{\varphi}_{32} + (k_{22} + k_{32}) \dot{\varphi}_{32} + (c_{22} + c_{32}) \varphi_{32} - k_{22} \dot{\varphi}_2 - k_{32} \dot{\varphi}_{42} - c_{22} \varphi_2 - c_{32} \varphi_{42} &= 0; \\ J_{41} \ddot{\varphi}_{41} + (k_{31} + k_{41}) \dot{\varphi}_{41} + (c_{31} + c_{41}) \varphi_{41} - k_{31} \dot{\varphi}_{31} - k_{41} \dot{\varphi}_5 - c_{31} \varphi_{31} - c_{41} \varphi_5 &= -M_{f1}; \\ J_{42} \ddot{\varphi}_{42} + (k_{32} + k_{42}) \dot{\varphi}_{42} + (c_{32} + c_{42}) \varphi_{42} - k_{32} \dot{\varphi}_{32} - k_{42} \dot{\varphi}_5 - c_{32} \varphi_{32} - c_{42} \varphi_5 &= -M_{f2}; \\ J_5 \ddot{\varphi}_5 + (k_{41} + k_{42}) \dot{\varphi}_5 + (c_{41} + c_{42}) \varphi_5 - k_{41} \dot{\varphi}_{41} - k_{42} \dot{\varphi}_{42} - c_{41} \varphi_{41} - c_{42} \varphi_{42} &= -M_5. \end{aligned} \right\} (2)$$

Для примера на рис. 2 представлены графики динамических моментов (M_{tr1} и M_{tr21} – соответственно в валах коробки передач и карданном вале привода переднего моста) при вынужденных крутильных колебаниях трансмиссии на разных частотах возмущения ω_{Mf} , соответствующих частотам вертикальных колебаний трактора. Основная частота крутильных колебаний трансмиссии на передачах в расчетах принималась $\omega_o = 16 \text{ с}^{-1}$.

Как видно, амплитуды динамических моментов трансмиссии существенно зависят от частоты ω_{Mf} моментов сопротивления качению M_{tr1} и M_{tr21} .

На основании выполненных расчетов получены зависимости (рис. 3) влияния передаточных чисел агрегатов трансмиссии на коэффициенты динамичности в трансмиссии трактора (на втором диапазоне раздаточной



b)

Рис. 2. Графики вынужденных крутильных колебаний динамических моментов трансмиссии:

$$a - \omega_{Mf} = 10 \text{ с}^{-1}; \quad b - \omega_{Mf} = 15,2 \text{ с}^{-1}$$

Fig. 2. Charts of forced twirled vibrations of dynamic transmission moments:

$$a - \omega_{Mf} = 10 \text{ s}^{-1}; \quad b - \omega_{Mf} = 15,2 \text{ s}^{-1}$$

коробки $u_{рк} = 2,182$), из которых видно, что соотношения меняются при включении различных передач в коробке передач и в раздаточной коробке, а также при изменении передаточного числа главной передачи u_0 и колесного редуктора $u_{кр}$. Это обусловлено тем, что динамические характеристики трансмиссии зависят от значений моментов инерции и коэффициентов жесткости и вязкого трения вращающихся масс и валов, а также от соотношения между ними.

При изменении передаточного числа главной передачи в диапазоне 4,0-5,0 зависимость коэффициента динамичности на установившемся режиме имеет характер: на пер-

вой передаче наблюдается его существенное увеличение с 1,073 до 1,367, на второй – уменьшение с 1,174 до 1,077, на третьей и четвертой передачах – незначительный рост. Характер полученных зависимостей коэффициентов динамичности от общего передаточного числа трансмиссии (рис. 4) свидетельствует об их тесной взаимосвязи, особенно на переходном режиме движения. При расчете коэффициентов динамичности для построения зависимостей передаточное число главной передачи u_0 принималось постоянным (4,444), а передаточное число колесного редуктора $u_{кр}$ – переменным (рис. 4, а).

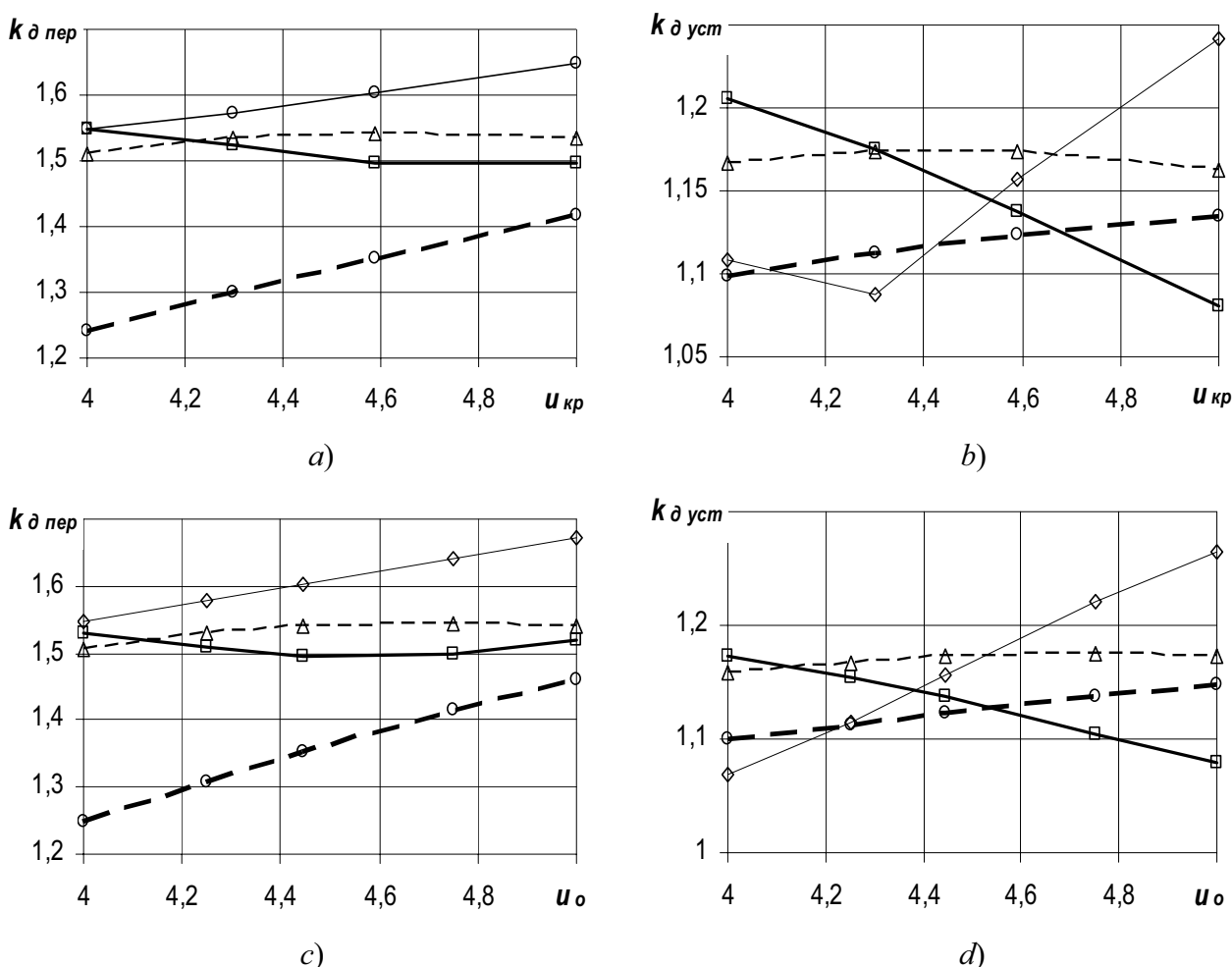


Рис. 3. Зависимости коэффициентов динамичности для валов трансмиссии колесного трелевочного трактора на переходном (а, с) и установившемся (b, d) режимах движения от передаточных чисел колесного редуктора $u_{кр}$ (а, b; $u_0 = 4,444$) и главной передачи u_0 (с, d; $u_{кр} = 4,59$):

— — 1-ша, — — — — 2-га, - - - - 3-тя и — — — — 4-та передачи коробки передач

Fig. 3. Dependences of the dynamic coefficients for transmission wheel skidding tractor ramparts on the transitional (a, c) and steady-state (b, d) motion conditionals from the wheel gear transfer numbers $u_{кр}$ (a, b, $u_0 = 4,444$) and the main transfer u_0 (c, d; $u_{кр} = 4,59$):

— — — — 1st, — — — — 2nd, - - - - 3rd and — — — — 4th transmission gearbox

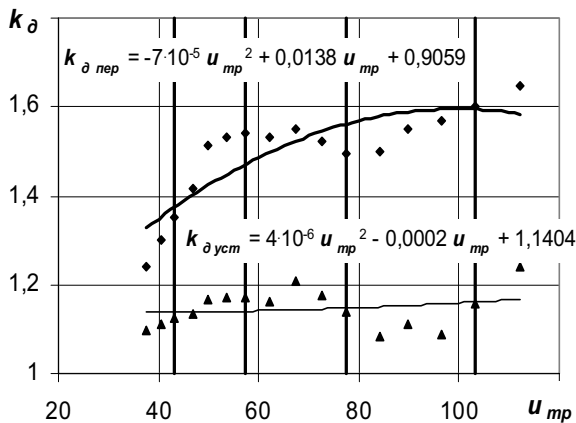
ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ КОЛЕСНОГО ТРЕЛЕВОЧНОГО ТРАКТОРА

Для построения зависимостей (рис. 4, б) – значение $u_{кр}$ принималось постоянным (4,59), а u_o – переменным.

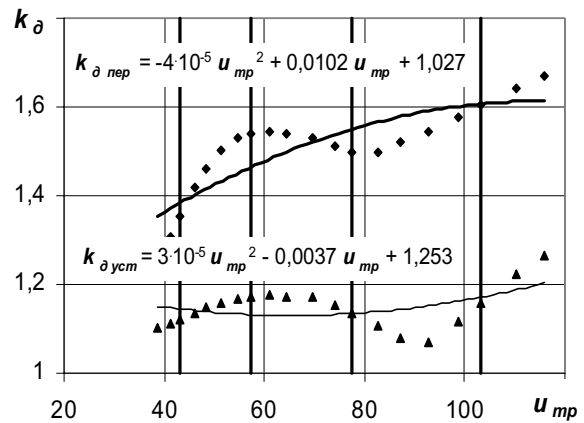
Результаты исследования процесса разгона с места трелевочного трактора с пакетом древесины и без него представлены на рис. 5.

ВЫВОДЫ

Анализ полученных результатов показал, что для колесного трактора Т-157 целесообразно изменить передаточное число второго диапазона раздаточной коробки 2,182 на 3,1. Если $u_{рк} < 3,0$, то резко возрастает время разгона и средний часовой расход горючего для всех значений рейсовой нагрузки.



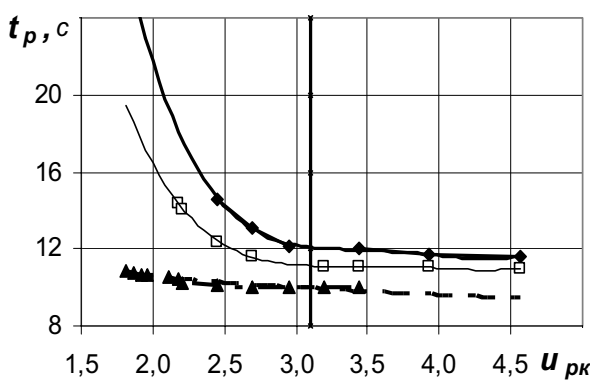
а)



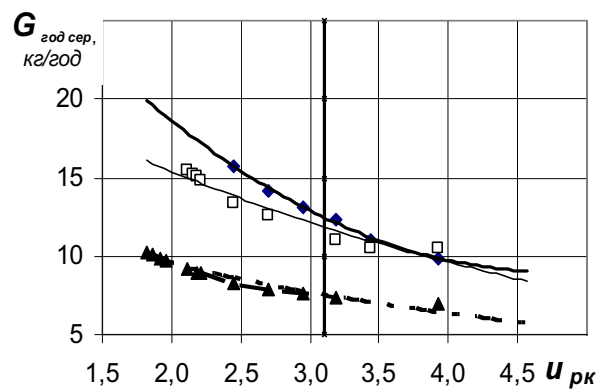
б)

Рис. 4. Зависимости коэффициентов динамичности в трансмиссии трактора на переходном и установившемся режимах движения от общего передаточного числа трансмиссии, рассчитанного с учетом всех ступеней коробки передач

Fig. 4. The dependences of the dynamic coefficients in the tractor transmission on the transitional and steady-state motion conditionals from the total gear transmission number, calculated taking all gear box stages



а)



б)

Рис. 5. Зависимость времени разгона с места трактора t_p до теоретически возможной скорости движения на четвертой (высшей) передаче коробки (а), среднего за время разгона часового расхода топлива $G_{год сеп}$ (б) от передаточного числа раздаточной коробки $u_{рк}$ и рейсовой нагрузки m_Q (▲ – 0; □ – 5200 кг; ◆ – 7000 кг)

Fig. 5. The dependence of dispersal time from the tractor place t_p to the theoretically possible motion speed on the fourth (highest) gear box (а), the average of the dispersal time hourly fuel consumption $G_{год сеп}$ (б) from the gear number of transfer case $u_{рк}$ and a scheduled load m_Q (▲ – 0; □ – 5200 kg; ◆ – 7000 kg)

Разработана математическая модель и компьютерная программа позволяют моделировать движение трактора и динамические процессы в трансмиссии, а также исследовать влияние весовых и геометрических параметров, мощности двигателя и передаточных чисел трансмиссии на его скоростные свойства, коэффициенты динамичности и топливную экономичность. Учет упругих, диссипативных и инерционных свойств агрегатов трансмиссии трактора, несколько затрудняя математическую модель, позволяет максимально приближать теоретические расчеты к реальным результатам.

Представленные результаты позволяют полнее учитывать особенности трансмиссии как динамической системы, что будет способствовать уменьшению динамических моментов, а значит увеличит долговечность работы колесной лисотранспортной машины. Разработанная программа может быть полезной на стадии проектирования тракторов, как лесных, так и тракторов общего назначения, а также машин на их базе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Korzhov V.L. 2008. Sovremennye tendencii lesozagotovok. Derevoobrabotka, oborudovanie i instrument. – №1. – 8-70.
2. Mohov S. P. 2012. Analiz tendencij rozvitija konstrukcij mnohooperacionnyh lesozahotovitelnyh mashyn. Trudy BHTU, Ser. II, Lesnaja i derevoobrab. prom-st. – Vyp. XX. — 28-31.
3. Bilyk B.V. 1998. Teorija samochidnyh lisovyh mashyn; navch. posib. – K.; Lviv: IZMN,– 208.
4. Zhukov A. V. 2001. Teorija lesnyh mashyn: nauch. posob. – Mn.: BGTU,– 640.
5. Smirnov G. A. 1990. Teorija dvigenija kolesnyh mashyn: ychebnik. – M.: Mashynostroenie,– 352.
6. Shupljakov V. S. 1974. Kolebanija i nagruzhonnost transmissii avtomobilja: nauch. posob. M.: Transport,– 328.
7. Gyskov V. V. 1988. Traktory: Teorija: ychebnik – M. : Mashynostroenie, – 376.
8. Anisimov G. M. 1989. Lesnye machine: ychebnik. – M.; Lesnaja prom-st,– 512.
9. Lytvynov O. 2006. Towards the dynamic calculation of machines. // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 8A. 210-223.
10. Lovejkin V. S. 2012. Bahatomasova model dynamiky dvishenija kovshovoho elevatora. // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 14. No. 3. 87-95.
11. Bilyk B. V. 2003. Vyznachennja chastot vlasnyh krytulnyh kolyvan transmisij povnopruidnyh kolisnyh machyn. Naykovyj visnuk NLTUU : zb. nayk.-tehn. praz: Proektuvannja, vyrobnyctvo ta ekspluatazija avtotransportnyh zasobiv i pojizdiv. – Lviv; UkrDLTU,– Vup. 7. –15-19.
12. Pischov M. N. 2011. Analiz dynamicheskoy nagruzhennosti i uslovij ekspluatacii detalej transmissii lesnyh machyn. Trydu BGTU: Lesnaja i derevoobrab. prom-st. – №2. — 93-95.
13. Simanovich V. A. 2010. Ozenka dynamicheskoho nahruzenija kolesnyh lesnyh machyn na ekspluatacionnyh rezhymax raboty. Trudy BHTU. Ser. II, Lesnaja i derevoobrab. prom-st. – Vyp. XVIII. —122-125.
14. Dinamicheskaja nahruzhonnost trelevochnych tractorov pri razlichnyh konstrukcijach pryhepnoho modulja. Materialy, oborydovanie i resursozberehajuschie technologie: Mater. mezhd. nauk. prak. konf. – Mohylev, 2012. –87-93.
15. Bilyk B. V. 2008. Modeluvannja peremykannja peredach gidropidtyksnymy muftamy pid chas rozgonu kolisnogo traktora. Dynamika, nadijnist i dovgovichnist mehanichnyh i biomehanichnyh system ta elementiv ihnih konstrukcij: Materialy mignar. nauk.-teh. conf., 2-5 veresnij. – Sevastopol. –112-116.
16. Bilyk B. V. 2007. Vplyv peredatnyh chysel na dynamichni navantazenija u transmissii kolisnogo lisovogo traktora. Naukovyj visnyk NLTU Ukrainy,– Vyp. 17.8. – 127-132.
17. Lovejkin V. S. 2011. Utochnennaja matematiceskaja model dynamiky ruchu kormozmishuvacha gvyntovogo typu zi zminnym oporom. // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 13B. 124-129.
18. Isachenkov V. S. 2011. Matematiceskaja model kolesnoj trelevochnoj mashyny. Trudy BGTU: Lesnaja i derevoobrab. prom-st. – №2. – 75-81.
19. Bilyk B. V. 2010. Modeluvannja rozgonu kolisnogo treljalnogo traktora. Visnuk Lvivskogo agrarnogo universytetu: Agroingenerni doslidgennja. – Lviv,– Vup. №14. –351-358.

20. Bilyk B. V. 2011. Imitacijne modeljuvannja ruchu lisovych maschyn z gidromechanizhnoju transmisieju. Naukovi prazi Lisivnychoji akademiji nauk Ukrainy: zbirnyk naukovych praz. – Lviv. – Vyp. 9. –184-188.
21. Bilyk B. V. 2004. Proektuvannja samochidnych lisovych maschyn: Vybir parametriv, komponuvannja i tjagovyj rozrachunok: navch. posib. – Lviv: ZUKC, – 160.
22. Schapiro V. M. 2002. Proektirovanie mechanizheskich, gidromechanizheskich i gidroobjomnyh peredazch traktorov: nauchn. posob. – M.: MGTU MAMI, – 300.

**EXPLOITATION PROPERTIES
VALUATION OF WHEEL TRALLING
TRACTOR**

Summary. The analysis of the work conditions of forest tractors and machines at their base, and the impact of these conditions on the performance properties of tractors. Calculated scheme of dynamic model of transmission biaxial wheel

tractor and computer program has been developed for the tractor movement simulation and dynamic processes in the transmission that allows you to explore the influence of weight and geometric parameters, engine power and the transmission gear number on its speed properties, coefficients of dynamic and fuel economy. It was presented the results of mathematical modeling of the dispersal from the place and dynamic loadings in the transmission of a wheel tralling machine. The dependences of the dynamics coefficients, of the determination of the fuel's economy and speed property on gear numbers of the transmission's aggregates was received. It was substantiated the rational significances of the gear numbers of distribute box of a wood tractor, that will reduce dynamic moments, and therefore increase the work durability of the wheel forest transport machine.

Key words: transmission, dynamic loadings, dynamics coefficients, numbers, tralling tractor.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ СЫПУЧЕГО МАТЕРИАЛА С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ЧАСТИЧНОГО ПЕРЕМЕШИВАНИЯ НА ВЕРТИКАЛЬНОМ УЧАСТКЕ ТРУБЧАТОГО КОНВЕЙЕРА

¹Роман Гевко, ²Алексей Токарчук

¹Тернопольский национальный экономический университет

²Винницкий национальный аграрный университет

¹г. Тернополь, ул. Руська 56, ²г. Винница, ул. Сонячна 3

¹Roman Gevko, ²Aleksey Tokarchuk

¹Ternopil National Economic University

²Vinnitsa National Agrarian University

Аннотация. В работе предложена методика теоретического исследования движения сыпучего материала с возможностью частичного перемешивания на вертикальных участках трассы трубчатых конвейеров. Определены кинематические и силовые характеристики процесса перемещения сыпучего материала. Данная методика может быть использована для обоснования параметров рабочего органа трубчатого конвейера.

Ключевые слова: сыпучий материал, трасса, вертикальный участок, трубчатый конвейер.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Скребокковые шайбовые транспортеры достаточно широко применяются при перемещении сыпучих и кусковых материалов, раздаче кормов на птицефабриках, животноводческих фермах и др., как правило, в стационарных условиях. Характерной их особенностью является расположение в замкнутом направляющем кожухе тягового рабочего органа, выполненного в виде цепи или троса, на котором жестко закреплены шайбы. Для обеспечения частичного перемешивания могут быть использованы новые [1,7] конструкции рабочих элементов.

Данные конструкции недостаточно изучены, поэтому следует провести теоретическое исследование движения сыпучего материала с возможностью частичного перемешивания.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Анализ известных исследований [2, 5] показал, что основными недостатками существующих рабочих органов является их вы-

сокая материалоемкость, что приводит к повышению сил трения при транспортировке материалов; низкая ремонтпригодность (при поломке одной шайбы необходимо демонтировать весь рабочий орган), а также ограниченные функциональные возможности.

В работе [3, 4] наведены характеристики динамики процесса для сыпучих сред. Следует отметить, что исследования движения сыпучих материалов для сплошных скребков проведены в работах [5,6].

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

С целью расширения функциональных показателей скребковых шайбовый конвейеров разработаны [1, 7] новые конструкции рабочего органа, выполненного на основе секционных элементов для их замены в случае выхода из строя, что позволяет одновременно транспортировать и смешивать сыпучие материалы. Для этого необходимо обосновать рациональные конструктивно-силовые параметры их несущих элементов, а также провести исследования движения сыпучего материала на вертикальном участке трассы.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Для анализа движения сыпучего материала по вертикальному участку трассы рассмотрим случай вертикального движения элементарной массы dm_c (рис.1), которая находится на поверхностях скребков в пространстве трубчатого конвейера и движется равномерно вертикально вверх с начальной скоростью ϑ_c .

Рассмотрим процесс перемещения элементарной массы dm_c , которая расположена на рабочей поверхности скребка, выполнен-

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ СЫПУЧЕГО
МАТЕРИАЛА С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ЧАСТИЧНОГО ПЕРЕМЕШИВАНИЯ НА ВЕРТИКАЛЬНОМ
УЧАСТКЕ ТРУБЧАТОГО КОНВЕЙЕРА

ного в виде горизонтальной плоскости, которая имеет концентрическое отверстие.

Технологический процесс работы трубчатого конвейера, согласно особенностям конструктивного выполнения, предусматривает, что в процессе перемещения тягового органа конвейера 6 (рис.1.а) вертикально вверх со скоростью движения \mathcal{G}_c часть сыпучего материала, центр масс которого расположен в точке C , или частица элементарной массой, которая находится на рабочей поверхности скребка 1 просеивается через концентрическое отверстие 4 и в дальнейшем падает вертикально вниз на рабочую поверхность скребка 2, который также имеет концентрическое отверстие 5 и расположенный под скребком 1. Кроме того, одновременно с падением на скребок 2 частицы элементарной массы, другая частица элементарной массой, которая находится на поверхности скребка 2 (рис.1.б) также просеивается через концентрическое отверстие 5 и в дальнейшем падает вертикально вниз на поверхность «глухого» скребка 3, то есть выполненного без концентрического отверстия.

Таким образом, рассмотрим случай движения тела переменной массы вертикально вверх, во время которого происходит одновременный процесс присоединения (увеличение) и отделения (уменьшение) на поверхности скребка элементарной массы dm_c в процессе падения частицы отделенной элементарной массы Δdm_c вертикально вниз под действием силы притяжения и с учетом силы аэродинамического сопротивления воздуха, величина которой пропорциональна квадрату скорости движения и элементарной массы dm_c .

Рассмотрим возможные случаи движения тела переменной массы вертикально вверх:

- случай отделения от рабочей поверхности скребка 1 частицы элементарной массой Δdm_c ;

- случай одновременного присоединения к рабочей поверхности скребка 2 и отделение из его рабочей поверхности частицы

элементарной массой Δdm_c ;

- случай присоединения к рабочей поверхности «глухого» скребка 3 частицы элементарной массой Δdm_c .

Пусть элементарные массы сыпучего материала, центр масс которых находится в соответствующих точках, C , M и L (рис.1) и которые расположены на рабочей поверхности соответствующих скребков 1, 2 и 3 в начальный момент времени, t_c , соответственно, равняются dm_c , dm_M и dm_L , и, а их скорость движения – \mathcal{G}_c , то есть адекватная скорости движения тягового элеватора 6 рабочего органа.

Если рассматривается случай отделения частицы сыпучего материала из скребка 1 за определенный промежуток времени, Δt_c , массу которой обозначим как Δdm_c , тогда элементарная масса dm_c на рабочей поверхности скребка 1 будет уменьшаться на отделенную от рабочей поверхности скребка 1 частицу элементарной массой Δdm_c .

В случае присоединения и отделения части сыпучего материала за определенный промежуток времени Δt_c , тогда элементарная масса dm_M на рабочей поверхности скребка 2 будет одновременно увеличиваться на отделенную от рабочей поверхности скребка 1 частицу элементарной массой Δdm_c , и уменьшаться на отделенную от рабочей поверхности скребка 2 частицу сыпучего материала, массу которой обозначим как Δdm_M .

В случае присоединения частицы сыпучего материала Δdm_M к скребку 3 за определенный промежуток времени Δt_c , который поступает из рабочей поверхности скребка 2 на рабочую поверхность скребка 3, тогда элементарная масса dm_L на рабочей поверхности скребка 3 будет увеличиваться на отделенную от рабочей поверхности скребка 2 частицу элементарной массой Δdm_M .

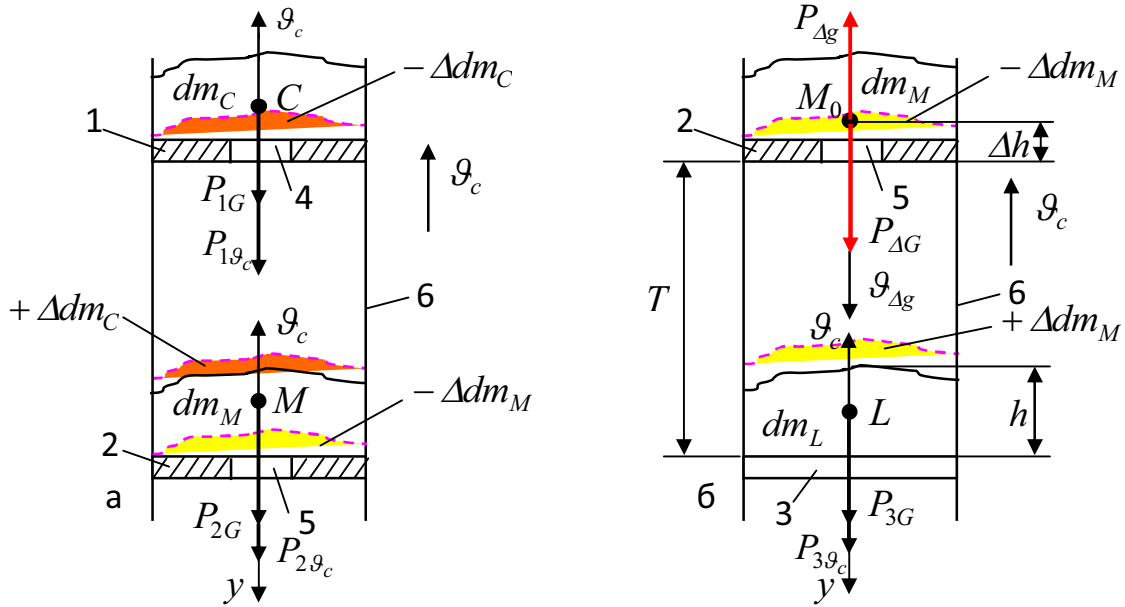


Рис.1. Схема для расчета кинематических параметров движения материала: а – процесс присоединения и отделения; б – процесс присоединения; 1, 2 – скребки с концентрическим отверстием; 3 – скребок без концентрического отверстия; 4, 5 – концентрические отверстия; 6 – трубчатый конвейер

Fig. 1. Chart for the calculation of kinematics parameters of motion of material: а – process of joining and separation; б – process of joining; 1, 2 – are scraper with the concentric opening; 3 – is a scraper without the concentric opening; 4, 5 – are the concentric opening; 6– is a tubular conveyor

В связи с этим элементарная масса тела сыпучего материала dm_i на соответствующих рабочих поверхностях скребков тягового элеватора в момент времени $t_c + \Delta t = t_y$ будет равна:

$$dm_C(t_c + \Delta t_c) = dm_C(t_c) - \Delta dm_C; \quad (1)$$

$$dm_M(t_c + \Delta t_c) = dm_M(t_c) + \Delta dm_C - \Delta dm_M, \quad (2)$$

$$dm_L(t_c + \Delta t_c) = dm_L(t_c) + \Delta dm_M; \quad (3)$$

где: Δdm_C – отделенная или присоединенная частица элементарной массы dm_C , кг;

Δdm_M – отделенная или присоединенная частица элементарной массы dm_M , кг;

Δt_c – промежуток времени, за который состоялось отделение-присоединение частицы элементарной массой Δdm_C и Δdm_M , с.

При этом изменение элементарной массы dm_i на рабочих поверхностях соответствующих скребков тягового элеватора за промежуток времени Δt_c , согласно (1), (2), (3) определяется из системы уравнений

$$\left. \begin{aligned} \Delta dm_C &= dm_C(t_c) - dm_C(t_c + \Delta t_c); \\ \Delta dm_M &= dm_M(t_c) + \Delta dm_C - dm_M(t_c + \Delta t_c); \\ \Delta dm_L &= dm_L(t_c) + \Delta dm_M(t_c + \Delta t_c) \end{aligned} \right\}, \quad (4)$$

или согласно (4)

$$\begin{aligned} \Delta dm_M &= dm_M(t_c) + dm_C(t_c) - \\ &- dm_C(t_c + \Delta t_c) - dm_M(t_c + \Delta t_c) = \\ &= dm_M(t_c) + dm_C(t_c) - \\ &- [dm_C + dm_M](t_c + \Delta t_c) \end{aligned} \quad (5)$$

Тогда в момент времени $t_c + \Delta t = t_y$ элементарная масса тела сыпучего материала Δdm_C , который находится на рабочей поверхности системы скребков 1 и 2, будет равна:

$$\begin{aligned} [dm_M + dm_C](t_c + \Delta t_c) &= \\ &= [dm_M + dm_C](t_c) - \Delta dm_M = dM_c, \end{aligned} \quad (6)$$

или

$$\begin{aligned} [dm_M + dm_C](t_y) &= \\ &= [dm_M + dm_C](t_c) - \Delta dm_M = dM_c, \end{aligned} \quad (7)$$

где: $dM_c = dm_M + dm_C$ – элементарная масса тела сыпучего материала, который находится на рабочей поверхности системы скребков 1 и 2 в момент времени $t_c + \Delta t = t_y$, кг.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ СЫПУЧЕГО
МАТЕРИАЛА С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ЧАСТИЧНОГО ПЕРЕМЕШИВАНИЯ НА ВЕРТИКАЛЬНОМ
УЧАСТКЕ ТРУБЧАТОГО КОНВЕЙЕРА

По закону об изменении количества движения Q_i (кг м/с) для системы материальных точек постоянной массы [9] имеем:

$$Q_i = dm_i \vartheta_{ci}; \frac{dQ_i}{dt_c} = F_i^e, \text{ или } Q_i = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \int_0^{\Delta t_c} F_i^e d\Delta t_c, \quad (8)$$

или

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{Q_i(t_c + \Delta t) - Q_i(t_c)}{\Delta t_c} = F_i^e, \quad (9)$$

где: F_i^e – равнодействующая всех сил, которые прилагаются к телу, Н.

Тогда согласно теоретическим положениям [8; 9; 10; 13], на основе закона сохранения энергии, учитывая (8), (9), количество движения сыпучего материала определяется:

- количество движения постоянной массы Q'_{CM} (кг м/с) для системы скребков 1 и 2 в момент времени $t_c + \Delta t = t_y$ согласно: (7)

$$Q'_{CM}(t_y) = Q_{CM}(t_y) + Q_{\Delta C}(t_y) - Q_{\Delta M}(t_y) = \int_{t_c}^{t_c + \Delta t} F_{CM}^e dt_c, \quad (10)$$

где: $Q_{CM}(t_y)$ – количество движения сыпучего материала переменной элементарной массы системы скребков 1 и 2 в момент времени $t_c + \Delta t = t_y$, кг м/с;

$Q_{\Delta C}(t_y), Q_{\Delta M}(t_y)$ – количество движения присоединенной частицы Δdm_C к элементарной массе dm_M и отделенной частицы Δdm_M от элементарной массы dm_M , кг м/с;

F_{CM}^e – равнодействующая всех сил, которые прилагаются к системе тел, Н;

- количество движения Q'_C (кг м/с) тела элементарной массы dm_C и отделенной частицы элементарной массой Δdm_C для скребка 1 в момент времени $t_c + \Delta t = t_y$ согласно(1):

$$Q'_C(t_y) = Q_C(t_y) - Q_{\Delta C}(t_y) = \int_{t_c}^{t_c + \Delta t_c} F_1^e dt_c, \quad (11)$$

где: $Q_C(t_y)$ – количество движения сыпучего материала переменной элементарной массы скребка 1 в момент времени $t_c + \Delta t = t_y$, кг м/с;

F_1^e – равнодействующая всех сил, которые прилагаются к элементарной массе тела, которое расположено на скребке 1, Н;

- количество движения Q'_M (кг м/с) тела элементарной массой dm_M и одновременно присоединенной частицы элементарной массой Δdm_C и отделенной частицы элементарной массой Δdm_M для скребка 2 в момент времени $t_c + \Delta t = t_y$ согласно (2)

$$Q'_M(t_y) = Q_M(t_y) + Q_{\Delta C}(t_y) - Q_{\Delta M}(t_y) = \int_{t_c}^{t_c + \Delta t_c} F_2^e dt_c, \quad (12)$$

где: $Q_M(t_y)$ – количество движения сыпучего материала переменной элементарной массы скребка 1 в момент времени $t_c + \Delta t = t_y$, кг м/с;

F_2^e – равнодействующая всех сил, которые прилагаются к элементарной массе тела, которое расположено на скребке 2, Н;

- количество движения Q'_L (кг м/с) тела элементарной массы dm_L и присоединенной частицы элементарной массой Δdm_L для скребка 3 в момент времени $t_c + \Delta t = t_y$ согласно (3)

$$Q'_L(t_y) = Q_L(t_y) + Q_{\Delta M}(t_y) = \int_{t_c}^{t_c + \Delta t_c} F_3^e dt_c, \quad (13)$$

где: $Q_L(t_y)$ – количество движения сыпучего материала переменной элементарной массы скребка 1 в момент времени $t_c + \Delta t = t_y$, кг м/с;

F_3^e – равнодействующая всех сил, которые прилагаются к элементарной массе тела, которое расположено на скребке 3, Н.

Для скребка 1 допустим, что за промежуток времени $t_c + \Delta t = t_y$ отделенная от элементарной массы dm_C частица элементарной массой Δdm_C приобрела скорость центра масс ϑ_1 , а скорость ϑ_y переменной элементарной массы $dm_C - \Delta dm_C$ за момент времени $t_c + \Delta t = t_y$ составляет $\vartheta_y = \vartheta_c + \Delta \vartheta_c$.

Согласно теоретическим положениям [14; 16] и (11), на основе закона сохранения энергии, количество движения Q_C тела элементарной массой dm_C и отделенной частицы элементарной массой Δdm_C в момент времени t_y равняется:

$$Q_C(t_y) = (dm_C + \Delta dm_C) \mathcal{G}_y - \Delta dm_C \mathcal{G}_1. \quad (14)$$

Применяя уравнение Мещерского для случая отделения от элементарной массы dm_C частицы элементарной массой Δdm_C в момент времени t_y [10; 18] и учитывая (1), (11) и (14), получим:

$$dm_C \frac{d\mathcal{G}_c}{dt_c} - \frac{d(dm_C)}{dt_c} (\mathcal{G}_1 - \mathcal{G}_c) = F_1^e. \quad (15)$$

Равнодействующая всех сил F_1^e , которые прилагаются к элементарной массе dm_C , равна алгебраической сумме силы веса P_{1G} (Н) и силы аэродинамического сопротивления воздуха $P_{1\mathcal{G}_c}$ (Н) с учетом направлений приложения сил:

$$\begin{aligned} F_1^e &= P_{1G} + P_{1\mathcal{G}_c} = dV_C \psi g + p dV_C \psi \mathcal{G}_c^2 = \\ &= dV_C \psi \left(g + p \left(\frac{dy_C}{dt_c} \right)^2 \right), \end{aligned} \quad (16)$$

где: dV_C – элементарный объем элементарной массы dm_C , м³;

y_C – координата точки C центра масс постоянной элементарной массы dm_C , м.

Тогда, подставив значение F_1^e из (16) в (15), получим:

$$\begin{aligned} dV_C \psi \frac{d^2 y_C}{dt_c^2} &= dV_C \psi \left[g + p \left(\frac{dy_C}{dt_c} \right)^2 \right] + \\ &+ \frac{d(dV_C \psi)}{dt_c} \left(\frac{dy_1}{dt_c} - \frac{dy_C}{dt_c} \right) \end{aligned}, \quad (17)$$

где y_1 – координата точки центра масс переменной элементарной массы dm_C , м.

Зависимость (17) является дифференциальным уравнением движения сыпучего материала по вертикальному участку трассы рабочего органа для случая отделения от него частицы материала с учетом аэродинамической силы сопротивления воздуха.

Для скребка 2 допустим, что скорость центра масс присоединенной частицы элементарной массой Δdm_C в момент времени $t_c + \Delta t = t_y$ составляет \mathcal{G}_1 , а отделенная частица элементарной массой Δdm_M за момент времени $t_c + \Delta t = t_y$ составляет \mathcal{G}_2 .

Тогда на основе (8) с учетом того, что $Q_{\Delta C}(t_c + \Delta t_c) = d\Delta m_C \mathcal{G}_1$; $Q_{\Delta M}(t_c + \Delta t_c) = d\Delta m_M \mathcal{G}_2$ перепишем выражение (12) в виде:

$$Q_M(t_y) = dm_M \mathcal{G}_c + \Delta dm_C \mathcal{G}_1 - \Delta dm_M \mathcal{G}_2. \quad (18)$$

Применяя уравнение Мещерского для случая одновременного присоединения к элементарной массе dm_M частицы элементарной массой Δdm_C и отделение от элементарной массы dm_M частицы элементарной массой Δdm_M в момент времени t_y [12; 15; 19] и учитывая (2), (12) и (18), получим:

$$dm_M \frac{d\mathcal{G}_c}{dt_c} + \frac{d(dm_C)}{dt_c} \mathcal{G}_1 - \frac{d(dm_M)}{dt_c} \mathcal{G}_2 = F_2^e. \quad (19)$$

Равнодействующая всех сил F_2^e , которые прилагаются к элементарной массе dm_M , равна алгебраической сумме силы веса P_{2G} (Н) и силы аэродинамического сопротивления воздуха $P_{2\mathcal{G}_c}$ (Н) с учетом направлений приложения сил:

$$\begin{aligned} F_2^e &= P_{2G} + P_{2\mathcal{G}_c} = dV_{2c} \psi g + p dV_{2c} \psi \mathcal{G}_c^2 = \\ &= dV_{2c} \psi \left(g + p \left(\frac{dy_M}{dt_c} \right)^2 \right), \end{aligned} \quad (20)$$

где: y_M – координата точки M центра элементарной массы dm_M , м.

Тогда, подставив значение F_2^e из (20) в (19), получим:

$$\begin{aligned} dV_M \psi \frac{d^2 y_M}{dt_c^2} &= dV_M \psi \left[g + p \left(\frac{dy_M}{dt_c} \right)^2 \right] - \\ &- \frac{d(dV_C \psi)}{dt_c} \frac{dy_1}{dt_c} + \frac{d(dV_M \psi)}{dt_c} \frac{dy_2}{dt_c}, \end{aligned} \quad (21)$$

где: y_2 – координата точки центра масс переменной элементарной массы dm_M , м.

Зависимость (21) является дифференциальным уравнением движения сыпучего материала по вертикальному участку трассы рабочего органа для случая одновременного присоединения и отделения от него частицы материала с учетом аэродинамической силы сопротивления воздуха.

Для скребка 3 допустим, что за промежуток времени $t_c + \Delta t = t_y$ присоединенная от элементарной массы dm_M частица элементарной массой Δdm_M приобрела скорость

центра масс \mathcal{G}_2 , а скорость \mathcal{G}_y переменной элементарной массы $dm_L + \Delta dm_M$ за момент времени $t_c + \Delta t = t_y$ составляет $\mathcal{G}_y = \mathcal{G}_c + \Delta \mathcal{G}_c$.

Согласно теоретическим положениям [14, 17, 11], на основе закона сохранения энергии, количество движения Q_L тела элементарной массы dm_L и присоединенной частицы элементарной массой Δdm_M в момент времени t_y равно:

$$Q_L(t_y) = (dm_L + \Delta dm_M)\mathcal{G}_y + \Delta dm_M \mathcal{G}_2. \quad (22)$$

Применяя уравнение Мещерского для случая отделения от элементарной массы dm_c частицы элементарной массой Δdm_c в момент времени t_y [19] и учитывая (3), (13) и (14), получим:

$$dm_L \frac{d\mathcal{G}_c}{dt_c} + \frac{d(dm_L)}{dt_c}(\mathcal{G}_2 - \mathcal{G}_c) = F_3^e. \quad (23)$$

Равнодействующая всех сил F_3^e , которые прилагаются к элементарной массе dm_L , равна алгебраической сумме силы веса P_{3G} (Н) и силы аэродинамического сопротивления воздуха $P_{3\mathcal{G}_c}$ (Н) с учетом направлений приложения сил:

$$\begin{aligned} F_3^e &= P_{3G} + P_{3\mathcal{G}_c} = dV_L \psi g + p dV_L \psi \mathcal{G}_c^2 = \\ &= dV_L \psi \left(g + p \left(\frac{dy_L}{dt_c} \right)^2 \right), \end{aligned} \quad (24)$$

где: dV_L – элементарный объем элементарной массы dm_L , м³;

y_L – координата точки L центра масс постоянной элементарной массы dm_L , м.

Тогда, подставив значение F_1^e из (3) в (2), получим

$$\begin{aligned} dV_L \psi \frac{d^2 y_L}{dt_c^2} &= dV_L \psi \left[g + p \left(\frac{dy_L}{dt_c} \right)^2 \right] - \\ &- \frac{d(dV_L \psi)}{dt_c} \left(\frac{dy_3}{dt_c} - \frac{dy_L}{dt_c} \right), \end{aligned} \quad (25)$$

где: y_1 – координата точки центра масс переменной элементарной массы dm_L , м.

Зависимость (25) является дифференциальным уравнением движения сыпучего ма-

териала по вертикальному участку трассы рабочего органа для случая присоединения к нему частицы материала с учетом аэродинамической силы сопротивления воздуха.

Для последующего анализа движения отделенной частицы элементарной массой Δdm_M вертикально вниз под действием силы притяжения рассмотрим составленную эквивалентную схему, которая приведена на рис.1.б.

Направим ось M_0y по вертикали вниз, начало отсчета координат обозначим в точке M , которая отвечает положению центра отделенной частицы элементарной массой Δdm_M в момент начала ее движения вертикально вниз.

Прикладываем в точке M силу притяжения $P_{\Delta G}$ и силу аэродинамического сопротивления воздуха $P_{\Delta \mathcal{G}}$ и считаем, что в момент начала движения частицы элементарной массой Δdm_M вниз время $t_c = 0$. Кроме того, в процессе формализации объекта исследования пренебрегаем силой внутреннего трения частиц сыпучего материала между собой во время отделения от рабочей поверхности скребка 2.

Тогда дифференциальное уравнение движения элементарной массы Δdm_M по второму закону Ньютона имеет вид:

$$d\Delta m_M \frac{d^2 y_{\Delta m}}{dt_c^2} = F_{\Delta m} = P_{\Delta G} - P_{\Delta \mathcal{G}}, \quad (26)$$

или

$$\begin{aligned} \Delta dm_M \frac{d^2(T - h + \Delta h)}{dt_c^2} &= \\ &= \Delta dm_M g - p \Delta dm_M \mathcal{G}_{\Delta \mathcal{G}}^2 =, \quad (27) \\ &= \Delta dm_M (g - p \mathcal{G}_{\Delta \mathcal{G}}^2) \end{aligned}$$

где: T – шаг скребков, м;

h – начальная высота насыпи сыпучего материала относительно рабочей поверхности скребка, м;

Δh – высота, которая учитывает толщину скребка 3 и координату центра масс M относительно рабочей поверхности скребка, м.

Для определения скорости, или нахождения уравнения движения частицы элементарной массой Δdm_M вниз необходимо ис-

ключить время t_c . Для этого применим способ подстановки в (27), где:

$$\frac{d^2(T-h+\Delta h)}{dt_c^2} = \frac{d\mathcal{G}_{\Delta g}}{dt_c} = \mathcal{G}_{\Delta g} \frac{d\mathcal{G}_{\Delta g}}{d(T-h+\Delta h)}. \quad (28)$$

Тогда дифференциальное уравнение (27) приобретет вид:

$$\frac{d(T-h+\Delta h)}{dt_c} = g - p\mathcal{G}_{\Delta g}^2. \quad (29)$$

Проведем интегрирование дифференциального уравнения (29), предварительно разделив каждый член правой части на коэффициент p и отделив переменные величины, то есть:

$$\int_0^{\mathcal{G}_{\Delta g}} \frac{d(T-h+\Delta h)}{\frac{g}{p} - \mathcal{G}_{\Delta g}^2} = p \int_0^{t_c} dt_c. \quad (30)$$

Для исключения случайной постоянной константы интегрирования, берем определенный интеграл [11; 16], храня верхние пределы интегрирования переменной. При этом для нижних пределов используем начальные условия $-t_c = 0$, $\mathcal{G}_{\Delta g} = 0$.

Тогда:

$$\int_0^{\mathcal{G}_{\Delta g}} \left(\frac{d\left(\sqrt{g/p} - \frac{d(T-h+\Delta h)}{dt_c}\right)}{\sqrt{g/p} - \frac{d(T-h+\Delta h)}{dt_c}} + \frac{d\left(\sqrt{g/p} + \frac{d(T-h+\Delta h)}{dt_c}\right)}{\sqrt{g/p} + \frac{d(T-h+\Delta h)}{dt_c}} \right) = 2\sqrt{g/p} \int_0^{t_c} dt_c, \quad (31)$$

или

$$\int_0^{\mathcal{G}_{\Delta g}} \left(-\ln \frac{\left(\sqrt{g/p} - \frac{d(T-h+\Delta h)}{dt_c}\right)}{\sqrt{g/p} + \mathcal{G}_{\Delta g}} \right) = 2t_c \sqrt{gp} \int_0^{t_c} dt_c. \quad (32)$$

После подстановки пределов интегрирования и упрощения выражения получим:

$$-\ln \frac{\sqrt{g/p} - \frac{d(T-h+\Delta h)}{dt_c}}{\sqrt{g/p} + \frac{d(T-h+\Delta h)}{dt_c}} \Bigg|_0^{\mathcal{G}_{\Delta g}} = 2t_c \sqrt{gp} \Bigg|_0^{t_c}, \quad (33)$$

или:

$$-\ln \frac{\sqrt{g/p} - \frac{d(T-h)}{dt_c}}{\sqrt{g/p} + \frac{d(T-h)}{dt_c}} \Bigg|_0^{\mathcal{G}_{\Delta g}} + \ln 1 = 2t_c \sqrt{gp}. \quad (34)$$

Уравнение (31) относительно скорости $\frac{d(T-h+\Delta h)}{dt_c}$ имеет вид:

$$\frac{d(T-h+\Delta h)}{dt_c} = \sqrt{g/p} \frac{1 - e^{-2t_c \sqrt{gp}}}{1 + e^{-2t_c \sqrt{gp}}} = th(t_c \sqrt{gp}) \sqrt{g/p} \quad (35)$$

Интегрируя (35), после отделения переменных, получим:

$$\int_0^{T-h+\Delta h} d(T-h+\Delta h) = \sqrt{g/p} \int_0^{t_c} th(t_c \sqrt{gp}) dt_c, \quad (36)$$

или

$$y_{\Delta M} = T - h + \Delta h = \frac{1}{p} \ln ch(\sqrt{gp}). \quad (37)$$

ВЫВОДЫ

Полученная зависимость (37) описывает закон движения частицы элементарной массой Δm_M вертикально вниз в процессе перемешивания сыпучего материала во время его вертикального движения с учетом силы аэродинамического сопротивления воздушной среды и может быть использована в дальнейшем для обоснования параметров рабочего органа, путем нахождения, например, времени или пути, который необходим для полного заполнения объема межскребкового пространства последнего «глухого» скребка, количества перемещенного сыпучего материала за время движения скребков вертикальным участком трассы и тому подобное.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Gevko R. B. 2011. Obgruntuvannya parametriv konstruktsiyi robochogo organu shaybovogo transportera. Visnik Kharkivskogo natsionalnogo tehnicnogo universitetu Imeni Petra Vasilenka. – Vipusk 114. – 241-246.
2. Zenkov R. L. 1980. Mashiny nepreryvnogo transporta. – M.: Mashinostroenie, – 367.
3. Sirotyuk V. M. 2011. Eksperimentalne doslidzhennya rezhimiv roboty energooschadnogo vibratsiynogo dozatora sipuchih kormiv // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 13D. 62-67.
4. Loveykin V. S. 2011. Bagatomasova model dinamiki ruhu kormozmishuvacha gvintovogo tipu zi zminnim oporom // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 13B. 124-129.
5. KRAUSE, F.; BANSE, W.; SCHMOLKE, S.; LORZ, S. 1997. Beanspruchung der Rundstahlkette von Stauscheibenforderern (Rohrkettensforderer). In: Tagungsband Schutt-

guttagung Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Institut für Förder- und Baumaschinentechnik, Stahlbau und Logistik.

6. SCHMOLKE, S.; KATTERFELD, A. 2001: Measurement Signals of the Chain Tractive Force from a Closed Pipe Circuit. In: Conference Proceedings MAT, Messgesellschaft Nürnberg.

7. Pat. №56182 UA, МПК B65G 19/00. Robochiy organ shaybovogo transportera (UA); zayavnik I patentovlasnik Ternopilskiy natsionalniy ekonomichniy universitet (UA). – № u201005721; zayavl. 12.05.2010; opubl. 10.01.2011, Byul. № 1.

8. Dobronravov V. V. 1974. Kurs teoreticheskoy mehaniki. – Izd. 3-e pererab. M.: «Vyssh. shkola», – 528.

9. Buhgolts N. N. 1979. Osnovnoy kurs teoreticheskoy mehaniki. – Gostehizdat, Ch. 1. – 346.

10. Butenin N. V. 1985. Kursteoreticheskoy mehaniki Vdvuhtomah T.1 : Statika I kinematika. – 4 izd., ispr. – M.: Nauka, – 240.

11. Bronshteyn I. N. 1981. Spravochnik po matematike dlya inzhenerov I uchashihsya VTU-ZOV. Semendyaev. – M.: Nauka. – 720.

12. Voronkov I. M. 1964. Kurs teoreticheskoy mehaniki – M.: «Nauka», – 371 s.

13. Dolgunin V.N. 2005. Byistrye gravitatsionnyie techeniya zernistyih materialov: tehnika izmereniya, zakonomernosti, tehnologicheskoe primeneniye. – M.: Izd. Mashinostroeniye– 1, – 112.

14. Ayzerman A. A. 1974. Klassicheskaya mehanika. – Glavn red. fiz.-mat. lit. – M.: «Nauka». – 368.

15. Vasilenko P. M. 1960. Dvizhenie chastitsyi po sherohovatoy poverhnosti / P. M. Vasilenko. – Kiev, – 283.

16. Tslaf L. Ya. 1966. – Variatsionnoe ischislenie i integralnyie uravneniya. – M.: Nauka, 176.

17. Gyunter N.M. 1941. Kurs variatsionnogo ischisleniya. – M.-L.: Gos. izd. teh. teor. lit., – 308.

18. Yablonskiy A.A. Nikiforova V.M. 1971. Kurs teoreticheskoy mehaniki. Izd. 4-e pererab. – Ch. 2. – M.: «Vyssh. shkola», – 289.

19. Mescherskiy I. V. 1973. Sbornik zadach po teoreticheskoy mehanike. – M.: «Nauka», – 184.

THEORETICAL RESEARCH OF MOTION OF FRIABLE MATERIAL WITH POSSIBILITY OF PARTIAL INTERFUSION ON THE VERTICAL AREA OF TUBULAR CONVEYER

Summary. Methodology of theoretical research of motion of friable material is in-process offered with possibility of partial interfusion on the vertical areas of route of tubular conveyers. Kinematics and power descriptions of process of moving of friable material are certain. This method can be utilized for the ground of parameters of working organ of tubular conveyer.

Key words: friable material, route, vertical area, tubular conveyer.

ПРОБЛЕМЫ ПОСЕВА БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КУЛЬТУР НА СКЛОНОВЫХ ЗЕМЛЯХ И ПРИРОДООХРАННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Виктор Пришляк

Винницкий национальный аграрный университет

г. Винница, ул. Сонячна 3

Viktor Pryshliak

Vinnitsa National Agrarian University

Аннотация: представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований агротехнической проблемы посева на полях со сложным рельефом местности сельскохозяйственных культур – сахарной свеклы, кукурузы, пшеницы, тритикале. Проанализированы вопросы развития биоэнергетики, исследовано работу на склоновых землях сеялок, разработано основы методов проектирования технологического процесса.

Ключевые слова: биоэнергетические культуры, биоэтанол, склоновые земли, эрозия, посев, природоохранная деятельность.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В настоящее время человечество интенсивно использует невозобновляемые источники энергии. На планете Земля их остается все меньше и меньше. Цены на них неуклонно растут. Понимая эту проблему, ученые интенсивно проводят всесторонние исследования в направлении разработки возобновляемых источников энергии. Одним из приоритетных направлений научных поисков решения данной проблемы есть высокопроизводительное, экономически целесообразное получение в агропромышленном производстве экологически чистой биоэнергии, которая накапливается растениями в результате фотосинтеза [1, 2, 3]. В аграрном секторе экономики Украины особое внимание уделяется сельскохозяйственным культурам, которые способны в значительной степени накапливать энергию солнца: это сахарная свекла, кукуруза, зерновые культуры (пшеница, тритикале), используемые в качестве сырья для производства биоэтанола, и масличные культуры – рапс, подсолнух, соя и др., используемые для производства биодизеля [3, 4]. В данных исследованиях особое внимания уделено посеву на склонах биоэнергетических культур для производства биоэтанола.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ДОСТИЖЕНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Значительная часть мирового рынка энергоносителей уже использует биоэтанол в качестве жидкого топлива для двигателей внутреннего сгорания, и доля использования биотоплива в транспортных перевозках и в сельском хозяйстве ежегодно увеличивается [5, 6, 7].

Сегодня во всех странах мира насчитывается более 600 заводов, которые производят биоэтанол общей мощностью около 100 млн. тонн. Основными биоэнергетическими культурами для этого производства являются тростник, кукуруза, сахарная свекла, пшеница, подсолнечник, картофель. Считается, что крупнейшими производителями биоэтанола в мире являются такие страны, как США – 54%, Бразилия – 34%, ЕС – 5%, Китай – 3% и Канада – 2%.

Для многих стран мира расширение масштабов использования топливного биоэтанола рассматривается, как средство уменьшения импорта энергоносителей, обеспечение стабильной работы сельского хозяйства, а также возможность улучшения экологической ситуации, особенно в местах большого скопления автотранспорта. За последние десять лет в Украине этой теме также было уделено большое внимание и экономический, энергетический, экологический интерес к развитию биоэтаноловой индустрии с каждым годом все больше возрастает.

Предлагаемые научными работниками, правительствами государств, деловыми кругами пути решения проблемы производства биомассы для использования ее в качестве сырья биоэтаноловой индустрии не решают эту проблему полностью. Анализ многих литературных источников, нормативно-правовых актов, программ и бизнес-планов даёт основание сделать вывод, что системного стабильного функционирования всех состав-

ляющих биоэтаноловой индустрии еще нет, а поэтому следует решить еще много не решенных взаимосвязанных задач и проблем [5, 6, 7, 8]. В том числе не решена технологическая и техническая проблема посева на полях с переменным рельефом местности биоэнергетических культур для промышленного производства биоэтанола.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Для производства биоэтанола целесообразно использовать не только основной продукт, получаемый в результате выращивания биоэнергетических культур (зерно, корнеплоды), но также и побочную продукцию (солому, стебли, ботву), масса которой значительна [8, 9].

В целом, в производстве и потреблении биоэтанола в агропромышленном комплексе можно выделить три составляющих: это производство биомассы (сырья, биоматериала); переработка биомассы с целью получения биоэтанола; адаптация технических средств механизации для использования биоэтанола в качестве топлива [10]. Все эти составляющие биоэтаноловой индустрии важны, но для нас приоритетной является первая составляющая – обеспечение биоэтаноловой промышленности сырьем (биоматериалом) с высокими, насколько это возможно, показателями качества и более низкой себестоимостью единицы продукции. Производство на полях Украины биомассы для биотоплива [11] не должно приводить к снижению продовольственного обеспечения населения Украины продуктами питания, и, даже наоборот, – рост производства биотоплива должен способствовать получению экологично чистых продуктов питания. В целом, благодаря развитию биоэнергетики продовольственная, энергетическая и экологическая безопасность страны должны возрасти. Есть скептики и критики, которые негативно реагируют на расширения площадей посева под биоэнергетические культуры. Разъяснений, опровергающих их убеждения, тоже имеется достаточно. Некоторые из них приведены в [3].

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

В данных научных исследованиях сделан акцент на том, что для выращивания биоэнергетических культур можно использовать поля со сложным рельефом местности, на которых технологии выращивания сельскохозяйственных культур пока что изучены недостаточно [12, 13, 14]. Иногда поля со сложным рельефом не являются оптимальными для посева основных сельскохозяйственных культур продовольственной группы. Исследования, некоторые результаты которых приводятся в этой статье, предусматривают привлечение таких, не наилучших, земель для выращивания биоэнергетических культур. При этом предусматривается, что в условиях переменного рельефа полей необходимо теоретически и экспериментально исследовать: разброс семян по длине и по ширине в каждом ряду относительно условной осевой линии рядка; равномерность высева во всех рядках по ширине захвату агрегата; варьирование глубины посева на поперечных склонах; повышение устойчивости движения агрегата в целом; оптимизацию энергетических показателей работы; улучшение водно-воздушного режима и снижение эрозионных процессов почв на холмистых землях [14].

Большинство технологических процессов, осуществляемых на горизонтальных участках при оптимальных значениях влажности и твердости почвы существующими посевными машинами, выполняются, в основном, удовлетворительно – качественные показатели работы при этом находятся в пределах установленных агротребованиями норм. При движении посевных МТА по горизонтальной поверхности поля положение центра тяжести агрегата не изменяются, остаются постоянными реакции почвы на двигатели трактора и рабочие органы орудия, сохраняется устойчивость прямолинейного движения агрегата, под которой подразумевается способность противостоять отклонению от требуемого направления движения и, наиболее благоприятные условия работы механизатора. Мощностные и экономические показатели агрегата, а также тягово-сцепные качества на равнине достигают мак-

симального значения при оптимальных затратах топлива.

Однако, как известно, работа посевных МТА осуществляется не только на равнинных участках, но и на склонах крутизной до 5-6°. Результаты многочисленных исследований показывают, что важнейшим недостатком сельскохозяйственных машин является то, что они, имея запас статической устойчивости около 35-40°, качественно могут работать на полях со склонами крутизной всего лишь до 1° при сравнительно небольших скоростях движения. На холмистых участках с крутизной поперечных склонов превышающих указанное значение, из-за отсутствия специальной техники для работы в сложных рельефных условиях, выполнять качественно технологические процессы не представляется возможным. То есть, с увеличением крутизны склонов более 1° качество работы начинает ухудшаться, и чем больше значения крутизны склонов, тем интенсивнее ухудшаются показатели работы машин и орудий.

На Украине, а также в мировом земледелии значительная часть обрабатываемых площадей находится на склонах различной крутизны. В частности более 95% пахотных земель Украины расположены на склонах крутизной до 5°, а остальные – 5-14°. В некоторых областях склоны крутизной более 5° имеют значительный удельный вес. Так, в Закарпатской области сельскохозяйственные угодья на склонах крутизной более 5° составляют около 50%, в Черновицкой – 32%, Львовской, Ивано-Франковской, Черкасской – более 20%.

Основной причиной ухудшения качества работы сельскохозяйственных машин при движении поперек склона является самопроизвольный увод шин, вызываемый боковой составляющей силы тяжести машины $G \sin \alpha$ (G – сила тяжести машины; α – крутизна склона), а также разностью сил сопротивления перекачиванию нижних и верхних по склону опорных элементов агрегата. Разность сил сопротивления перекачиванию возникает в результате перераспределения массы сельскохозяйственной машины на ее опорно-ходовые элементы при движении в поперечном направлении склона: верхние – разгружаются, а нижние, наоборот, – догру-

жаются. Боковой увод колёс на склоне сельскохозяйственной машины характеризуется курсовым углом ψ , то есть углом между продольной осью машины и горизонталями склона, а также линейным смещением l колес и рабочих органов от выбранных горизонталей склона.

Наряду с самопроизвольным уводом может иметь место и скольжение колес машины и ее рабочих органов вниз по склону, которое зависит в основном от величины угла склона, нагрузки на колеса, физико-механических свойств почвы и сцепления с ней шин. Скольжение, в свою очередь, также увеличивает линейное смещение машины вниз по склону. Так как увод и скольжение машины являются следствием одних и тех же причин, совместно влияют на прямолинейность движения, то их нельзя рассматривать обособленно. Они характеризуются средними значениями увода и поперечным линейным смещением от направления движения. Вследствие этих причин и нарушается прямолинейное устойчивое движение по склону сельскохозяйственных посевных машин.

Особенности движения рабочих органов машин зависят от конструкции (компоновки) машинно-тракторного агрегата. Как известно, посевные машины бывают прицепными, навесными и очень редко самоходными. Они могут навешиваться в передней части энергетического средства – трактора, посередине – между опорно-ходовыми колесами, и, преимущественно, в задней части трактора. Конструктивные особенности энергетического средства – трактора также влияют на устойчивость движения агрегируемой посевной машины и, соответственно, ее рабочих органов, в том числе и сошников.

Условия работы посевных машин на одном и том же поле с холмистым рельефом изменяются в зависимости от направления движения: на подъем, под уклон, поперек склона и по косоугору. С точки зрения агротехники выращивания сельскохозяйственных культур, с учетом эрозионных процессов, не все вышеперечисленные направления движения приемлемы: в первую очередь, это касается движения вдоль склона.

Посев биоэнергетических культур на склоновых землях тесно связан с подготов-

кой почвы до посева, то есть с проведением почвообрабатывающих операций. Следует учитывать, что при работе (особенно почвообрабатывающих орудий) на склоновых землях наряду с ухудшением качественных показателей работы из-за смещения почвы вниз по склону имеет место агротехническая эрозия. Так, при пахоте на склонах крутизной более 4° при смещении почвы вверх по склону происходит неполное оборачивание пласта почвы отвалом корпуса плуга, а при работе отвала с поворотом почвы к подножью склона происходит ее смещение вниз, которое адекватно смыву почвы объемом 12 м³/га. Количественную оценку процессов эрозии дают исходя из интенсивности потеря почвы с единицы площади за единицу времени, то есть в т/га за час или мм/час. В таких же единицах измеряется и скорость процессов почвообразования. Сравнивая между собой интенсивность потерь почвы со скоростью почвообразования, можно получить оценку о степени опасности эрозии. И если интенсивность эрозионных процессов ниже, чем скорость почвообразования, то эрозия для данного поля не является опасной, хотя это бывает весьма редко.

Эрозионные процессы начинают развиваться, начиная с крутизны 0,5-2°. Интенсивность эрозионных процессов в зависимости от крутизны склонов носит экспоненциальный характер.

При разработке технических средств для работы на склоновых землях следует учитывать то, что дождевые сточные воды или воды снеготаяния, двигаясь вниз в направлении образующих склона, могут образовывать промоины, которые трудно заделываются или могут быть трудно проходимыми для сельскохозяйственных машин и орудий.

Проведение технологических операций вдоль склона в 3-4 раза повышает интенсивность эрозионных процессов в сравнении с движением агрегатов поперек склона. Особенно большая опасность от этого наблюдается на пахотном поле, под пропашными культурами в садах и на виноградниках при их неправильном размещении. Неправильное направление обработки почвы нередко связано с нерациональным внутрихозяйственным землеустройством.

При вспашке поворот пласта на склоновых землях приводит к уничтожению защитного растительного покрова почвы, остатков растений, которые защищают структуру почвы от разрушительных ударов капель дождя. Растительные остатки, расположенные на поверхности поля понижают скорость смещения частиц почвы с талыми или дождевыми водами, что ослабляет эрозию. Переход на обработку почвы без поворота пласта в 2-4 раза уменьшает смыв почвы.

Для условий движения почвообрабатывающих и посевных агрегатов по горизонталям на выпукло-вогнутых участках склона изменение толщины плодородного слоя составляет:

$$\Delta h_i = h_0 \left(1 - \frac{Y}{B_n}\right) \pm \left[1 - \frac{R_i}{R_i + Y}\right],$$

где: h_0 – начальная толщина плодородного слоя почвы; Y – расстояние перемещения почвы, которая обрабатывается; R_i – радиус кривизны в точке, где определяется значение Δh_i ; B_n – ширина полосы, которая обрабатывается.

Знак „+” используется для выпуклых, а знак „-” для вогнутых участков склона.

Интенсивность механико-технологической эрозии увеличивается пропорционально увеличению крутизны склона α . Если образующая склона представлена прямой линией и значение α вдоль образующей постоянно, то и скорость v перемещения почвы вдоль образующей будет также постоянной. На выпукло-вогнутых участках, которые занимают значительное место в земледелии, крутизна склона α на выпуклых участках вдоль образующих увеличивается, а на вогнутых участках уменьшается. Это влияет как на устойчивость движения машин, особенно в поперечном направлении склона, так и на эрозионное смещение частиц почвы вниз склона. Можно исходить из того, что скорость перемещения частиц почвы v_n будет изменяться пропорционально первой производной крутизны склона da/dt , а скорость изменения скорости, то есть производная – пропорционально второй производной $d^2\alpha/dt^2$.

В действительности поверхность поля склоновых земель включает глыбы, комья, макро- и микронеровности. Пахота спо-собс-

твует их образованию. Со стороны нижней части склона наклон поверхности частей макронеровностей увеличивается за счет крутизны склона. При этом происходит движение более мелких частей по уклонам больших. Учитывая силы трения, дифференциальное уравнение движения частицы материала по наклонной плоскости принимает вид:

$$m \frac{d^2 s}{dt^2} = m \frac{dv_n}{dt} = mg \sin \alpha - fmg \cos \alpha, \quad (1)$$

где: m – масса частицы; s – путь; t – время; v_n – скорость; g – ускорение силы тяжести; f – коэффициент трения.

Проинтегрировав уравнение (1) два раза при начальных условиях $v_n = v_0$; $s = 0$ при $t = 0$, получим:

$$s = \frac{\cos \varphi}{2g \sin 9(\alpha - \varphi)} (v^2 - v_0^2),$$

где: φ – угол трения.

Для случая $\varphi > \alpha$, частица остановится через промежуток времени:

$$t = t_1 = -\frac{v_0 \cos \varphi}{g \sin(\alpha - \varphi)} = \frac{v_0 \cos \varphi}{g \sin(\varphi - \alpha)}.$$

Путь, который при этом пройдет частица, равен:

$$s_{\max} = \frac{1}{2} \frac{v_0^2 \cos \varphi}{g \sin(\varphi - \alpha)}. \quad (2)$$

Вместе с тем:

$$s = \frac{h}{\sin \alpha}, \quad (3)$$

где: h – высота, на которую переместится частичка при движении ее по наклонной плоскости до момента ее остановки.

Тогда с учетом (2) и (3) высота, на которую переместится частица под действием боковой составляющей $mg \sin \alpha$, может быть представлена в таком виде:

$$h = \frac{1}{2} \frac{v_0^2 \sin \alpha \cos \varphi}{g \sin(\varphi - \alpha)}.$$

С плоскости, угол наклона которой $\alpha < \varphi$, тело не может сползть под действием силы тяжести, так как величина трения $fG \cos \alpha$ будет больше слагающей по плоскости $G \sin \varphi$. Такая плоскость, угол наклона которой меньше угла трения, называется самотормозящей.

Механико-технологическая эрозия за показателем изменения толщины плодородного слоя почвы Δh_i наиболее интенсивно проис-

ходит на участках с выпуклыми горизонталями и выпуклыми образующими.

Раньше, иногда, экономическое обоснование новой сельскохозяйственной техники проводилось без учета необходимости снижения эрозионных процессов на склоновых землях, и сохранения окружающей среды от загрязнения сточными водами, что безусловно являлось недостатком.

По профилю склоны можно разделить на вогнутые, выпуклые и выпукло-вогнутые. У вогнутого склона крутизна постепенно уменьшается от середины к подошве. Почва на нем становится наиболее плодородной по мере приближения к долине. Выпуклый склон имеет относительно ровную поверхность в верхней части, далее поверхность понижается и в самой нижней части резко переходит в долину или овраг. На выпукло-вогнутых склонах наиболее крутая часть находится на некотором расстоянии от подошвы. За крутой частью склона расположен опять пологий участок, на котором откладывается мелкозем, снесенный с верхней части склона водой или механическим воздействием опорно-ходовых элементов машинно-тракторных агрегатов.

В почвозащитной системе земледелия с контурно-мелиоративной организацией территории использование земель в зависимости от крутизны склонов носит дифференциальный характер, в соответствии с которыми пахотные земли делят на 3 следующие группы.

Первая группа земель – равнины и склоны крутизной до 3°. На ней используются зернопропашные севообороты. В хозяйствах с сильно пересеченным рельефом предусматривается снижения посевов пропашных и увеличения зерновых и трав. Это обусловлено разной почво-защитной эффективностью этих культур. Вторая группа земель – склоны от 3 до 7°. На них рекомендуется использовать почво-защитные севообороты с посевом озимых и ярых зерновых, однолетних и многолетних трав без пропашных культур. Третья группа земель – склоны более 7°. Их засевают многолетними травами.

Земледельческое освоение почвы вносит существенные изменения в естественное развитие почвенных процессов и режимов. Эти изменения обусловлены обработкой, внесе-

нием удобрений, различными мелиорациями и т.п. Такое целенаправленное воздействие на почву формирует в ней искусственное плодородие, т.е. изменения в режимах и свойствах, возникшие в результате приемов сельскохозяйственного использования почв. При выращивании сельскохозяйственных культур искусственное плодородие в совокупности с естественным проявляется как эффективное (экономическое) плодородие, которое измеряется величиной урожая.

Наука и практика выработали широкий комплекс приемов воздействия на свойства почвы, обеспечивающий регулирование питательного, водного, теплового и других режимов почвы. Основные приемы повышения эффективного плодородия почв и максимального использования ее естественного плодородия связаны с рациональным применением органических и минеральных удобрений, известкованием и гипсованием почв, системой их обработки, орошением и осушением, травосеянием, созданием защитных лесных полос, введением правильных севооборотов, с мероприятиями по борьбе с эрозией и возделыванием наиболее урожайных сортов растений.

Рельеф как фактор экономического плодородия очень существенен. Различают три группы форм рельефа: макрорельеф, мезорельеф и микрорельеф. В данной научной работе в основном учитывается мезорельеф – форма рельефа средних размеров: увалы, холмы, ложбины, долины, террасы и их элементы – плоские участки, склоны разной крутизны. Широко развиты склоновые формы рельефа, которые принято характеризовать по крутизне, формам и экспозиции. Рельеф выступает как главный фактор перераспределения солнечной радиации и осадков в зависимости от экспозиции и крутизны склонов и оказывает влияние на водный, тепловой, питательный, окислительно-восстановительный и солевой режимы. Рельеф оказывает большое влияние на развитие эрозийных процессов. В условиях склоновых форм рельефа возможно проявление водной эрозии, т.е. смыва и размыва почвы.

Комплекс используемых машин зависит от выращиваемой культуры. Традиционные технологии подготовки почвы под посев есть затратными, они существенно повышают

себестоимость сельскохозяйственной продукции, что приводит к завышенным ценам на биоэтанол и, соответственно, оттягивают его применение в двигателях внутреннего сгорания. Считается, что с экономической точки зрения наиболее приемлемой является технология No-Till, то есть прямой посев без передпосевной обработки почвы. Однако, как показывают результаты исследований, иногда лучшие показатели достигаются при проведении некоторых дополнительных операций, особенно, если посев осуществляется на склоновых землях.

На склоновых землях, особенно в условиях недостаточного увлажнения, задержания снега на полях играет важную роль в улучшении водного режима. Важно также чтобы во время проливных дождей вода не стекала вдоль склона и не вызывала разрушительное движение воды по поверхности поля, а накапливалась в почве в точке падения капель дождя.

С целью уменьшения возможного стока вдоль склона талой или дождевой воды, а также с целью улучшения воздушного режима почвы, что особенно важно для биоэнергетических культур, которые имеют длинную корневую систему, перед посевом проводилось разноглубинное щелевание почвы специально изготовленным щелевателем. Результаты исследований показали, что эта технологическая операция особенно эффективна для сахарной свеклы и в несколько меньшей мере – для кукурузы. Увеличение урожая корнеплодов сахарной свеклы на склоновых землях крутизной 2-3 град. составляло 31-38 ц/га, а кукурузы – 16-22 ц/га.

Положительные показатели получены в ходе выполнения глубокого накалывания почвы. По сравнению со щелеванием, тяговое сопротивление на выполнение этой операции составляет всего лишь около 40%. Экспериментальные исследования проводились осенью. Накалывание почвы в качестве передпосевной операции проводилось для биоэнергетических культур таких как пшеница, сахарная свекла, кукуруза. Глубина накалывания 30, 40, 50 см с расстоянием между рядами накалываемых щелей 140 см. Их формировали специально изготовленным ротационным щеленакалывателем РЩН-2-140, а также средне глубинным накалывателем на

глубину 10, 15, 20, 25 см, в котором вращающиеся ножи щелеобразователя расположены в 7 рядов.

Исходя из результатов научных исследований, на полях с переменным рельефом местности, и, соответственно, с возможными слабыми эрозионными процессами для различных биоэнергетических культур, предназначенных для производства биоэтанола, рекомендуется такой севооборот: 1 – рожь, пшеница, просо, картофель; 2 – сахарная свекла, кукуруза или другие виды корнеплодов; 3 – овес с подсевом многолетних трав, 4–7 – многолетние травы. На склонах крутизной до 3 град. очень хорошие показатели имеет биоэнергетический севооборот: 1 – тритикале (пшеница), 2 – сахарная свекла, 3 – соя, 4 – кукуруза.

Некоторые ученые на основании обобщенных результатов многолетних исследований природных лугопастбищных угодий дают научно обоснованные рекомендации высокоэффективного использования природных и сеяных травостоев для угодий на слабо эродированных склонах балок Лесостепи, с крутизной 10-12° и небольшой водосборной площадью, на которой рекомендуется полосовой метод выращивания однолетних культур с таким чередованием полей: 1 – озимые на зерно или зеленый корм с послеуборочным посевом кукурузы; 2 – кукуруза; 3 – ячмень на зерно, вико-овёс или кукуруза на зеленый корм с подсевом многолетних трав; 4-7 многолетние травы [14]. Возможно, следует остерегаться на таких крутых склонах рекомендовать сеять кукурузу.

Проблема эффективного использования земель с переменным рельефом местности за счет всестороннего изучения и разработки технических мероприятий посева биоэнергетических культур для производства биоэтанола исследовалась как теоретически, так и экспериментально на основе современных инновационных методик.

Экспериментальные исследования посева сельскохозяйственных культур на полях с переменным рельефом местности, где посевные агрегаты выполняют сложные технологические процессы в различных условиях, имеют большое значение. Центральное место в методике, организации и проведении исследований работы посевных агрегатов на

полях со сложным рельефом местности занимают методы теории вероятностей, математической статистики и планирования эксперимента.

Посевные агрегаты работают в различных условиях, которые зависят от большого количества постоянно меняющихся в определенных пределах факторов [15]. Как для многих других, так и посевных машин, такими факторами являются рельеф поля, тип, физико-механические свойства почвы, семян и др. Сложный характер изменения упомянутых факторов вызывает трудности, а иногда делает невозможным их изучение и описание. К тому же, качественные, энергетические и другие показатели посевных агрегатов в большей или меньшей степени зависят от этих факторов. Поскольку факторы, определяющие условия работы посевных агрегатов на склоновых землях малой крутизны достаточно не изучены, то и различные показатели работы этих агрегатов непредсказуемы, то есть имеют случайный характер, а потому требуют всесторонних исследований.

ВЫВОДЫ.

Теоретически и экспериментально исследовано посев таких биоэнергетических культур, как сахарная свекла, соя, кукуруза, тритикале на склоновых землях малой крутизны с учетом природоохранной деятельности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Busko E., Pazniak S., Kostukevich S., Dudkina L., 2012. Perspectives of the use of renewable energy sources in enhancement of environmental and energy security of Belarus // ECOTENMOD. – Vol. 01, № 2, 9 – 16.
2. Szewczyk M., Trzepiecinski T., 2012. Application of biomass-powered Stirling engines in cogenerative systems // ECOTENMOD. – Vol. 01, № 2, 53 – 56.
3. Kaletnik G., Pryshlyak B., 2010. Biofuels: the efficiency of its production and consumption in the agricultural sector of Ukraine. - С. Hi-Tech Press. - 312. (in Ukrainian)
4. Dželetović Ž., Mihailović N., 2011. Status, development and prospects of using bioenergy crops in the world and in Serbia. // Journal on processing and energy in agriculture. – Vol. 15, № 2, 212 – 215.
- Topilin G., L. Talyanker 2005. Biodiesel based

- on rapeseed oil. // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 7, 23 - 26. (in Russian)
5. Pryshliak V., 2012. Technological and technical bases of sowing biopower cultures on the hill land of small steepness // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 1. No. 6. 179 – 182.
6. Pryshlyak V., 2010: The potential effectiveness of biodiesel as motor fuel // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 12C, 138 - 144. (in Ukrainian)
7. Osiak J., Skudlarski J., Izdebski W., 2009. Możliwość pozyskania biomasy pochodzenia rolniczego na potrzeby energetyki zawodowej w Polsce // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 11, 138 – 143.
8. Pryshlyak V., 2012. Investigation of biomass as one of the most important renewable energy source in the world. // Collection. Science. Avenue Vinnytsia National Agrarian Univ. Series: Agriculture, vol. 1 (57). 184-188.
9. Jakóbiec J., Mazanek A., 2009. Bioetanol jako paliwo alternatywne do silników samochodowych // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 11, 88 – 96.
10. Pryshliak V., Vsemirnova V., Pryshliak N., 2011. Resource potential of Ukraine for the production of biofuels // Journal on processing and energy in agriculture. – Serbia, Novi Sad. – 212 – 215.
11. Amelchenko P.I., Ksenevych, V.A., Yakubovich B.M., 1978. Kolesnyje traktory to work on the slope. M.: Mechanical engineering. - 248. (in Russian)
12. Barykin B., Barykin A., 2012. On biopozitivnosti construction on difficult terrain. / MOTROL., Vol. 14, № 6, С. 123-130. (in Russian)
13. Pryshlyak B., 2005. Mechanical and technological basis to improve workflow agricultural machinery on sloping lands / MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 7, 70 - 75. (in Ukrainian)
14. Bohovin A., Bell A., Kuksin M. et al., 1986. Increased productivity of grasslands and pastures. K.: Vintage. - 232. (in Ukrainian)

**PROBLEMS OF PLANTING CROPS
BIOENERGETICHESKIH ON SLOPING
LANDS AND ENVIRONMENTAL
ACTIVITIES**

Summary. Here are given the results of theoretical and experimental studies of agro-technical problem of planting crops on fields with complex terrain with priority agricultural crops – sugar beet, maize, wheat and triticale. Including researched the development of bioenergy and use of soil with the activities of agricultural irrigation, research work on sloping lands seeders and development on engineering calculation methods for strength and hardness of their components.

Key words: bioenergetical crops, bioethanol, slope of land, erosion, seeding, environmental activities.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ РУЛОНА В УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ ПРЕССОВАЛЬНОЙ КАМЕРЕ ПРЕСС-ПОДБОРЩИКА

Наталья Толстушко

Луцкий национальный технический университет

г. Луцк, ул Львовская 75

Natalia Tolstushko

Lutsk National Technical University

Аннотация. В работе приведены результаты анализа формирования рулона из ленты льна пресс-подборщиком с усовершенствованной прессовальной камерой переменного объема. Установлены зависимости между характеристиками рулона (радиус, масса, плотность) и параметрами пресс-подборщика и ленты льна, а также определены шаг спирали Архимеда с ленты льна в рулоне. Получены зависимости для обоснования параметров рулонного пресс-подборщика с усовершенствованной прессовальной камерой переменного объема.

Ключевые слова: пресс-подборщик, прессовальная камера, бесконечные ремни, рулон, лента льна.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Для уборки льна применяют рулонные пресс-подборщики с прессовальными камерами переменного объема. В таких прессовальных камерах происходит недостаточное уплотнение наружных слоев ленты льна в рулоне по сравнению с внутренними слоями, что приводит к значительной неравномерности распределения плотности в поперечном сечении рулона. Кроме того, часто возникает выход из строя бесконечных ремней вследствие их растяжения при увеличении силы натяжения для уплотнения наружных слоев ленты в рулоне. Растяжение этих ремней приводит к перепутыванию, скручиванию и повреждению стеблей, нарушению параллельности между ними в рулоне, что негативно влияет на его качество. А потому актуальной является задача улучшения качества формирования рулонов из ленты стеблей льна на основании совершенствования прессовальной камеры переменного объема и обоснования параметров и режимов работы ее рабочих органов [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20]. Для решения этой задачи необходимо установить

зависимости между характеристиками рулона (радиус, масса, плотность) и параметрами пресс-подборщика и ленты льна, а также определить шаг спирали Архимеда с ленты льна в рулоне.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Анализ последних исследований свидетельствуют о том, что в литературе мало внимания уделено изучению процессов формирования рулонов льна в прессовальных камерах переменного объема рулонных пресс-подборщиков. В полученных ранее зависимостях для определения характеристик рулона отсутствуют отдельные параметры пресс-подборщика и ленты льна [1-8].

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Цель работы – проанализировать формирование рулона льна в усовершенствованной прессовальной камере переменного объема пресс-подборщика и определить характеристики рулона.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Для установления зависимостей между характеристиками рулона и параметрами пресс-подборщика необходимо рассмотреть явление формирования рулона со стебельной ленты льна в усовершенствованной прессовальной камере переменного объема. Раскрытие данного явления позволит обосновать параметры рабочих органов прессовальной камеры для обеспечения качественного формирования рулона.

На рис. 1 в схематическом виде изображен рулонный пресс-подборщик ленты стеблей льна с усовершенствованной прессовальной камерой переменного объема [10, 11].

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ РУЛОНА В УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ ПРЕССОВАЛЬНОЙ КАМЕРЕ ПРЕСС-ПОДБОРЩИКА

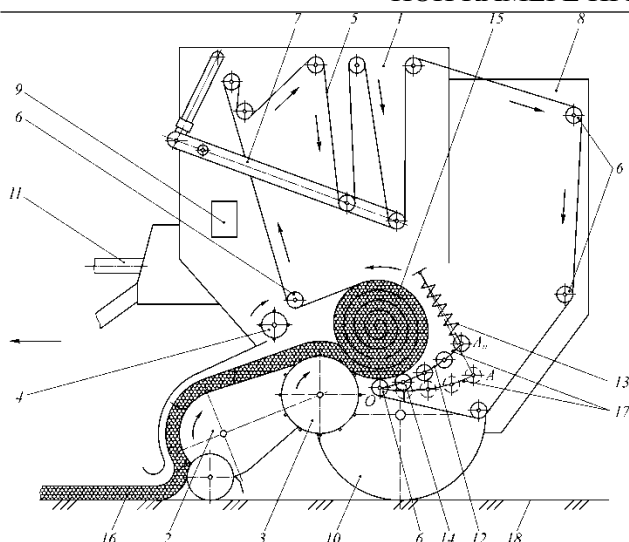


Рис. 1. Схема рулонного пресс-подборщика ленты стеблей льна с усовершенствованной прессовальной камерой переменного объема:

1 – рама; 2 – подборщик; 3 – барабан; 4 – отбойный валик; 5 – бесконечные ремни; 6, 14 – валики; 7 – натяжное устройство; 8 – клапан выгрузки; 9 – обматывающий аппарат; 10 – ходовая часть; 11 – механизм привода; 12 – подпружиненная рамка; 13 – пружины растяжения; 15 – рулон; 16 – лента стеблей льна; 17 – ограничители хода; 18 – поверхность поля

Fig. 1. Figure baling ribbons stalks of flax in improved baler chamber of variable volume: 1 is a frame; 2 is a pick; 3 is a cylinder; 4 is a jack shaft; 5 is a endless belts; 6, 14 are pins; 7 is a clamp; 8 is a unloading valve; 9 is a winding machine; 10 is a chassis; 11 is a drive mechanism; 12 is a spring loaded frame; 13 are tension springs; 15 is a roll; 16 are ribbon stalks of flax; 17 are limiters course; 18 is a surface of linen

Описание рабочего процесса рулонного пресс-подборщика с усовершенствованной прессовальной камерой переменного объема приведено в [10, 11], но здесь следует отметить некоторые особенности выполнения операции формирования рулона. Эта операция состоит из трех фаз. Первая фаза характеризуется формированием зародыша рулона, которое начинается с заполнения льном свободного пространства между бесконечными ремнями, отбойным валиком и барабаном. Это свободное пространство клиновидной формы и является начальной формой прессовальной камеры, где под действием движущихся бесконечных ремней,

отбойного валика и барабана происходит уплотнение, петлеобразный изгиб и вращение ленты стеблей льна. В первой фазе важно создание условий формирования зародыша рулона и его вращения в прессовальной камере. Первая фаза, по сравнению с другими двумя, имеет наименьшую продолжительность. Вторая фаза характеризуется формированием рулона в петлеобразной прессовальной камере, образованной рабочими органами в виде барабана, отбойного валика, бесконечных ремней и двух валиков возле барабана, которые обтянуты бесконечными ремнями. Третья фаза формирования рулона отличается от второй фазы тем, что на рулон действует подпружиненная рамка с валиками. По этому, третья фаза длится от начала взаимодействия рулона с валиками подпружиненной рамки до завершения операции формирования рулона.

Рулон при формировании вращается в прессовальной камере и на него наматывается лента стеблей льна, которая поступает от подборщика. В результате этого размеры петлеобразной прессовальной камеры увеличиваются за счет преодоления формирующимся рулоном сопротивления натяжного устройства бесконечных ремней. Подпружиненная рамка находится в крайнем верхнем положении в начале взаимодействия рулона с ее валиками. С увеличением диаметра и массы рулона подпружиненная рамка с валиками опускается вниз, вращаясь на шарнирном соединении с клапаном выгрузки и преодолевая силы упругости пружин растяжения. Когда рулон достигнет заданного диаметра, сразу включается обматывающий аппарат и начинается выполнение следующей операции – обмотка рулона шпагатом. При этом рулон продолжает вращаться в прессовальной камере и взаимодействовать с валиками подпружиненной рамки.

В данной работе более подробно исследуем третью фазу формирования рулона при таких допущениях: а) рулонный пресс-подборщик при работе совершает поступательное, прямолинейное и равномерное движение вдоль ленты стеблей льна, которая растелена на поверхности поля; б) лента стеблей льна, которая поступает в прессовальную камеру, равномерная по толщине и не содержит разрывов; в) бесконечные ремни

не растягиваются под действием сил растяжения; г) жесткость бесконечных ремней незначительная и ею можно пренебречь; д) пренебрегаем толщиной бесконечных ремней; е) рулон рассматриваем как тело цилиндрической формы, которое сжимается в радиальном направлении.

В плоскости движения пресс-подборщика граница между слоями стебельной ленты льна в рулоне подобна спирали Архимеда [9], которая начинается в сердцевине рулона и заканчивается в зоне его взаимодействия с барабаном. Уравнение этой спирали Архимеда (рис. 2) в полярной системе координат с полюсом C , полярным углом φ , который отсчитывается по часовой стрелке от положительного направления полярной оси Cx , которое совпадает с направлением движения пресс-подборщика со скоростью v_m , имеет вид:

$$\rho = \frac{h}{2 \cdot \pi} \cdot \varphi, \quad (1)$$

где: ρ – полярный радиус; h – шаг спирали, который равен среднему значению толщины стебельной ленты в рулоне.

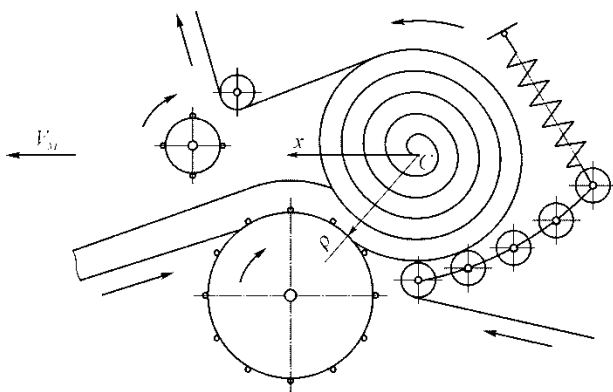


Рис. 2. Схема формирования спирали Архимеда со стебельной ленты льна в рулоне.
Fig. 2. Scheme of formation of an Archimedean with tape of flax on roll.

Длина L дуги этой спирали Архимеда равна произведению $v_{н.н} \cdot t$, где $v_{н.н}$ – скорость бесконечных ремней на ведущих валиках, а t – время. С другой стороны L можно определить по известной с высшей математики формуле [9]:

$$L = \int_0^\varphi \sqrt{\left(\frac{d\rho}{d\varphi}\right)^2 + \rho^2} d\varphi. \quad (2)$$

После подстановки в формулу (2) необходимых величин, интегрирования и упрощения, получим равенство:

$$v_m \cdot t = k_{уц} \cdot \frac{h}{4 \cdot \pi} \cdot \left(\frac{2 \cdot \pi \cdot \rho}{h^2} \cdot \sqrt{4 \cdot \pi^2 \cdot \rho^2 + h^2} + \ln \left(\frac{2 \cdot \pi \cdot \rho + \sqrt{4 \cdot \pi^2 \cdot \rho^2 + h^2}}{h} \right) \right), \quad (3)$$

где: $k_{уц} = v_m / v_{н.н} = m_p / m_l$ – коэффициент уплотнения ленты льна перед намоткой ее на рулон в прессовальной камере [9]; здесь m_p – масса 1 м длины ленты льна в рулоне; m_l – масса 1 м длины ленты льна на поле.

Из уравнения (3) можно определить ρ в любой момент времени t для заданных параметров v_m , $v_{н.н}$, h . Согласно принятым допущениям рулон рассматриваем как тело цилиндрической формы, причем его радиус, с учетом свойств спирали Архимеда, с некоторым приближением определяем по формуле:

$$R_p = \rho - (h/2). \quad (4)$$

Ранее [17] был определен радиус $R_p = R_{p,0}$, при котором начинается контакт рулона с валиком подпружиненной рамки. Если для $R_p = R_{p,0}$ с (4) определить $\rho = \rho_0$, которое затем подставить в равенство (3), то определим время $t = t_0$ формирования рулона до начала его взаимодействия с подпружиненной рамкой. То есть, в промежутке времени $0 \leq t < t_0$ происходят первая и вторая фазы формирования рулона, а при $t_0 \leq t \leq t_\phi$, где t_ϕ – время формирования рулона максимального радиуса, происходит третья фаза формирования рулона. Время $t = t_\phi$ найдем с (3) при $\rho = \rho_{max}$, которое определим с (4) при $R_p = R_{p,max}$.

Обозначим через $i_{c,p}$ количество стеблей в формирующемся рулоне, тогда $i_{c,p}$ равно $i \cdot t$, где: i – количество стеблей, которые поступают в прессовальную камеру за единицу времени. Масса M_p формирующегося

рулона будет равна:

$$\begin{aligned} M_p &= m_{cep} \cdot i_{c.p} = m_{cep} \cdot i \cdot t = \\ &= m_c \cdot t = m_l \cdot v_M \cdot t, \end{aligned} \quad (5)$$

где: m_{cep} – среднее значение массы стебля в ленте; m_c – масса стеблей, подаваемых в прессовальную камеру за единицу времени.

Если известны значения массы M_p и радиуса R_p рулона, а также его ширина L_p , тогда можно определить среднюю плотность ρ_p рулона по формуле:

$$\begin{aligned} \rho_p &= M_p / (\pi \cdot R_p^2 \cdot L_p) = \\ &= m_l \cdot v_M \cdot t / (\pi \cdot R_p^2 \cdot L_p) \end{aligned} \quad (6)$$

Характерной особенностью работы данного пресс-подборщика является то, что формирующийся рулон полностью бесконечными ремнями не обтягивается. Учитывая это, поперечное сечение рулона не обязательно будет кругом, и если рассчитывать среднюю плотность ρ_p рулона за круглым сечением, то эта расчетная плотность рулона в начальной стадии его формирования только с некоторым приближением будет характеризовать действительную его плотность.

Присутствующий в (1), (3) и (4) шаг спирали h , равный среднему значению толщины стебельной ленты рулоне, можно определить по формуле:

$$\begin{aligned} h &= m_l \cdot v_M / (L_p \cdot \rho_p \cdot v_{н.н}) = \\ &= m_p / (L_p \cdot \rho_p). \end{aligned} \quad (7)$$

На основе приведенных выше данных разработана программа на ПЭВМ в среде универсальной системы компьютерной математики Maple V и проанализировано влияние ряда параметров на формирование рулона. На рис. 3 и 4 соответственно построены зависимости $R_p = R_p(t)$, $t_{\phi.1} = t_{\phi.1}(m_l, v_M)$, где: $t_{\phi.1}$ – время формирования рулона максимальной массы $M_{p.max}$, которые характеризуют явление формирования рулона из ленты льна.

В процессе анализа принимали: $R_{p.max} = 0,65$ м; $v_{н.н} = 0,9$ м/с; $L_p = L_{p.max} = 1,2$ м, где $L_{p.max}$ – максимальная ширина рулона; $\rho_p = 150$ кг/м³; $M_p = M_{p.max} = 250$ кг,

где $M_{p.max}$ – максимальная масса рулона.

При этом параметры m_p , m_l , v_M изменялись в таких пределах: $m_p = 0,56 \dots 2,47$ кг/м; $m_l = 0,3 \dots 0,8$ кг/м; $v_M = 1,67 \dots 2,78$ м/с.

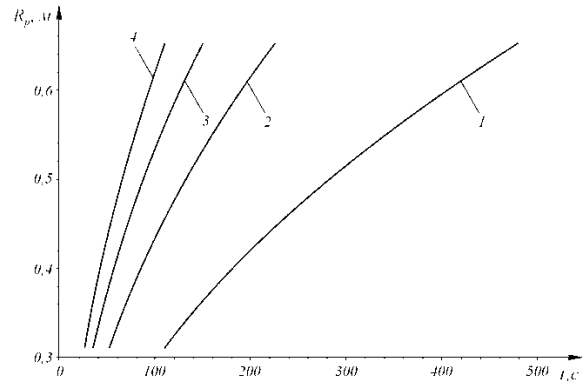


Рис. 3. Зависимости от времени t радиуса R_p рулона в третьей фазе его формирования: 1 – для $m_p = 0,56$ кг/м; 2 – для $m_p = 1,20$ кг/м; 3 – для $m_p = 1,83$ кг/м; 4 – для $m_p = 2,47$ кг/м

Fig. 3. Depending on the time t of the radius of roll R_δ in the third phase of its formation: 1 for $m_\delta = 0,56$ kg/m; 2 to $m_p = 1,20$ kg/m; 3 to $m_\delta = 1,83$ kg/m; 4 to $m_\delta = 2,47$ kg/m

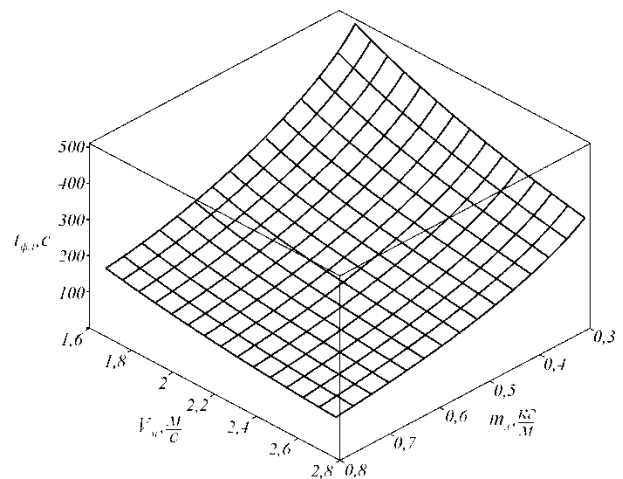


Рис. 4. Зависимость времени $t_{\phi.1}$ формирования рулона максимальной массы от массы m_l 1 м длины стебельной ленты на поле и скорости движения v_M агрегата

Fig. 4. The dependence of the formation time $t_{\phi.1}$ of roll maximum weight from the mass m_l of 1 m length of the linen tape and from the speed v_M of the unit

ВЫВОДЫ

Из анализа полученных графиков следует, что с увеличением m_p радиус R_p рулона нарастает быстрее. Время $t_{\phi,1}$ формирования рулона максимальной массы $M_{p,max}$ уменьшается при увеличении m_n и v_m . Также со временем возрастает угол поворота подпружиненной рамки, взаимодействие которой с рулоном проходит в период третьей фазы формирования рулона и его обмотки шпагатом. Причем продолжительность $t_{n,p}$ этого взаимодействия равна $t_{\phi} - t_0 + t_{об}$, где

$$t_{об} = \frac{2 \cdot \pi \cdot R_{p,max}}{v_{n,n}} \cdot k_{об} - \text{время обматывания}$$

рулона шпагатом, а $k_{об}$ – количество оборотов рулона при обмотке. С увеличением $t_{n,p}$ возрастает плотность слоев стебельной ленты в рулоне. Кроме того, во время движения пресс-подборщика на поле рулон в прессовальной камере менее расшатывается благодаря дополнительной опоре в виде подпружиненной рамки, что положительно влияет на долговечность бесконечных ремней и других рабочих органов машины, а также на качество сформированного рулона. Полученные результаты в этом исследовании необходимы для определения сил натяжения бесконечных ремней рулонного пресс-подборщика.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Hailys G. A. 2002. *Mechanika rastityelnih materialov*. – K.: UAAN, – 374 s.
2. Hailys G. A. 1988. *Raschot rulonogo press-podborschica s cameroyu peremennogo obyoma. Traktory i selskohozyaystvennye mashiny*. – №6. – 37 – 39.
3. Hailys G. A. 2011. *Teoria lnouborochnyh mashyn*. – M.: Rosinformagrotex, – 322.
4. Chernikov V. G. 1999. *Mashiny dlya uborki lna (konstrukciya, teoriya i raschot)*. – M.: INFRA-M, – 210.
5. Osobov V. I. 2009. *Mehanicheskaya tehnologia kormov*. – M.: Kolos, – 344.
6. Vanot J. 2003. *La passion le lin*. – Notre Dame de Gravenchon: Corlet, – 72.
7. Nowak J. 2003. *Pracochlonnosc sporzadzania kiszzonek // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 5.* 129 – 134.
8. Nowak J. 2005. *Energochlonnosc sporzadzania kiszzonek w formie bel cylindry-cznych. // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 7.* 143 – 147.
9. Tolstushko N. O. 2007. *Doslidgennya roboty rulonogo press-podborschica z presuvalnyyu cameroyu zminnogo obyemu / Naukoviy visnyk Nacionalnogo agrarnogo universytetu*. Vyp. 115. – K.: NAU. — 176 – 181.
10. Hailys G. A. 2010. *Udoskonalennya presuvalnoyi camery rulonogo press-podborschica strichky lyonu. Silskogospodarski mashyny. Zb. nauk. st. Vyp. 20*. – Lutsk: Red.-vyd. viddil LNTU. – 350 – 355.
11. Pat. 60254 U Ukraina, MPK A 01 D 45/00. *Rulonnyy press-pidbirach. (Ukraina)*. – №u201015244; zayavl. 17.12.10; opubl. 10.06.11, Byul. №11.
12. Pat. 62933 U Ukraina, MPK A 01 D 45/06. *Rulonnyy press-pidbirach. (Ukraina)*. – №u201101026; zayavl. 31.01.11; opubl. 26.09.11, Byul. №18.
13. Tolstushko N.A. 2012. *Analiz formirovaniya rulona remennym press-podborschicom. Vnedreniye innovacionnyh razrobotok v celyah povysheniya economi-cheskoy effektivnosti v lnyanom komplekse Rossii*. – Vologda, – 198 – 200.
14. Tolstushko N. O. 2012. *Analiz formuvannya rulonu v presuvalniy cameri pres-pidbiracha. Tehnologichni komplekсы*. – №1, 2 (5, 6). – 153 – 160.
15. Tolstushko N. O. 2012. *Doslidgennya procesu formuvannya rulonu v cameri zminnogo obyemu pres-pidbiracha. Vibracii v tehnicii ta tehnljgiyah*. — № 3 (67). – 144 – 148.
16. Tolstushko N. O. 2012. *Experimentalne viznachennya parametriv rulonu lnostresty. Naukovi njtatky. Mizvuzivskiy zbirnyk za galuziyamy znan “Mashinobuduvannya ta metaloobrobka”, “Ingenerna mehanika”, “Metalurgia ta materialoznavstvo”*. Vyp. 37. – Lutsk: Red.-vyd. viddil LNTU. – 326 – 330.
17. Tolstushko N. O. 2013. *Vyznachennya osnovnyh parametriv robochih organiv presuvalnoyi camery rulonogo press-podborschica. Mehanizaciya ta elektrifikaciya silskogo gospodarstva. Migvidomchiy tematichniy nauk. zb.*

Вып. 97. Т. 1. – Glevaha: NNC “IMESG” NAAN U. — S. 332 – 339.

18. Dehondt technologies [Electronic resource].

– Mode of access: <http://www.dehondt-lin.com/>.

– Title from the screen.

19. Depoortere [Electronic resource]. – Mode of

access: <http://www.depoortere.be/>. – Title from

the screen.

20. Vlamalin. Flaxmachinery [Electronic re-

source]. – Mode of access: [http://www.v-](http://www.vlamalin.be/)

[vlamalin.be/](http://www.vlamalin.be/). – Title from the screen.

THE STUDY OF ROLL FORMING IN THE IMPROVED OF THE PRESS-UP PRESS CHAMBER

Summary. The results of analyzes of a forming of the roll of tape flax in improved chamber of variable volume baler are presented in this work. The relationship between the characteristics of a roll (radius, mass, density) and the parameters of the baler and tape of linen, and also a step of Archimedean spiral with tape of linen in a roll is established. Dependences for justification of parameters of roll baler with advanced bale chamber variable volume are received.

Key words: press-up, chamber for pressing, endless belts, roll, ribbon of flax

ОСОБЕННОСТИ МЕХАНИКО - ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СОЛОМЫ РАПСА ВО ВРЕМЯ ПРЕССОВАНИЯ

Виталий Боярчук, Владимир Чучман, Андрей Татомир

Львовский национальный аграрный университет

г. Дубляны, ул. Владимира Великого 1

Witalij Boyarchuk, Wolodymyr Chuchman, Andriy Tatomyr

Lviv National Agrarian University

Аннотация. В статье рассматривается прессования соломы рапса, и влияние параметров времени, и давления на плотность полученных образцов. Представлена методика экспериментальных исследований механико-технологических свойств растительных материалов. Установленные зависимости между параметрами времени и давления, на плотность полученных образцов

Ключевые слова: биотопливо, прессование, механико-технологические свойства.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ.

На сегодняшний день во время дефицита ресурсов, особенно актуальным становится вопрос энерго и ресурсосбережение, Ведь для решения этого вопроса для тех или других технологий нужно оценить эффективность использования энергии, В Украине и миру довольно актуальным стал вопрос замены традиционных, ископаемых видов топлива на альтернативные. Это обусловлено прежде всего исчерпаемостью ресурсов традиционных энергоносителей, а также необходимостью охраны окружающей среды [13].

Развитие биоэнергетики есть очень актуально для Украины с ее значительным потенциалом биомассы, доступной для получения энергии, - около 24 млн. т у. т./год, [15]. Отходы биомассы могут обеспечить свыше 10 % общей потребности Украины в первичной энергии. [15] Среди альтернативных источников энергии, важное место занимает твердое биотопливо, в частности солома сельскохозяйственных культур [8,9].

Во время выращивания рапса урожайность соломы составляет 6 -10 т/га, [Ошибка! Источник ссылки не найден.] учитывая то, что незерновая часть урожая недостаточно используется, поэтому довольно актуальным становится вопрос применения соломы как энергетического сырья. Для Украины техни-

ческий, и экономический потенциал использования соломы рапса в качестве топлива составляет 2,06 млн. т. ут .в год [10].

Использование соломы в энергетических целях возможно лишь при более компактном хранении в модифицированном виде. Одним из способов модификации соломы как топлива есть прессования. В следствие прессования плотность материала повышается с 40-60 кг/ м³ до 800 кг/ м³ и больше. Однако для достижения конечной плотности согласно требованиям стандартов [3], необходимо создать значительное усилие, которое в свою очередь приводит к большим энергопотерям. Поэтому мы провели экспериментальные исследования механико - технологических свойств соломы рапса, с целью изучения процесса прессования, и путей снижения затрат энергии во время выполнения данного технологического процесса.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

К сегодня вопросом определения реологических свойств растительных материалов занимались как отечественные, так и зарубежные ученые. В частности в работах Долгова [1,2], предлагается реологическая модель Максвелла, которая описывает поведение сено-соломистых материалов во время сжатия, однако данная модель не характеризует данный процесс в полном объеме, и процесс сжатия описывается довольно сложными уравнениями, которые содержат значительное количество эмпирических коэффициентов, и их довольно сложно определить. [1] В работах канадских ученых С. Мани, Л. Дж. Табила, [3] приведенные зависимости давления относительно плотности, однако не представлены аналитические уравнения, которые характеризуют процесс прессования.

Как видим из анализа публикаций в предыдущих исследованиях в полной мере отсутствуют результаты, которые бы разрешили оптимизировать конструктивно-технологические параметры оборудования для прессования солоmistих материалов.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ.

Для оптимизации конструктивно-технологических параметров машин для производства топливных брикетов нужно более глубоко исследовать особенности сжатия соломы, а также установить влияние давления и времени выдержки под давлением на плотность топливного брикета..

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА.

Для оценки реологических свойств соломы рапса нами предложена методика экспериментальных исследований которая предусматривает такие этапы:

- 1) определение фракционного состава материала,
 - 2) определение влажности материала,
 - 3) прессование, в пресс форме,
 - 4) выдержка образца
- протяжении времени под давлением m ,
- 5) измерение геометрических размеров полученных образцов,
 - 6) взвешивание полученных образцов,
 - 7) обработка полученных данных.

Геометрические размеры сырья имеют существенное влияние на время прессования, однако для полученных образцов, как исходное сырье нами использовалась солома рапса с такими характеристиками математическое ожидание длины соломины 21,8 мм, среднеквадратичное отклонение 13,8 мм. Поперечные размеры в основном зависят от сорта культуры и во время измельчения существенно не изменяются. Затем его статистические параметры в пределах одного сорта культуры принимаем постоянными и их влияние к вниманию не берем.

Влажность материала определялась вагово сушильным методом и представляла в пределах 11 - 14 %, что отвечает требованиям европейского стандарта EN 14961-1:2010.[4].

Прессование материала осуществлялось с помощью пресс - формы, что изображенная

на Рис.1, которая состоит из поршня 1, который входит в гильзу 2, и подставки 3. Усилие на поршень 1 осуществлялось с помощью машины МУП-20 на которой фиксировалась нагрузка F . Исходя из геометрических размеров пресс - формы определим давление прессования p , за формулой $p = \frac{F}{\pi r^2}$. где: F – усилие на штоке цилиндра r радиус штока. Поскольку, давление прессования является основным параметром, от которого зависит деформация материала, и как следствие плотность полученного образца.

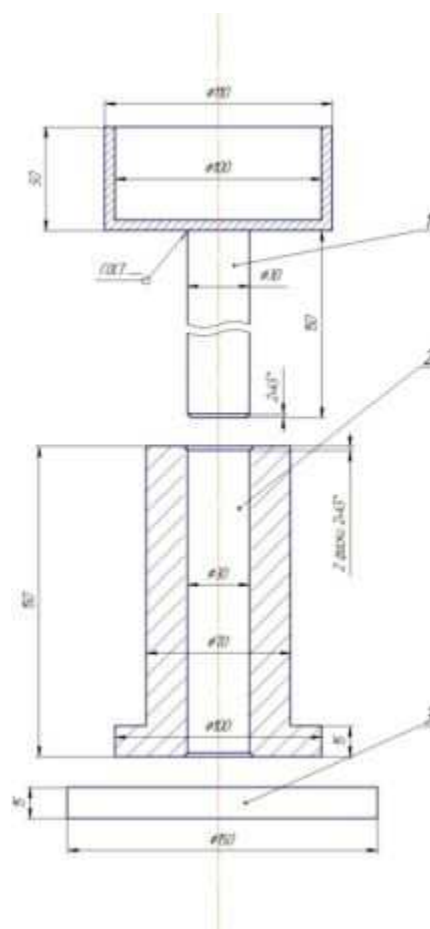


Рис.1. Пресс - форма
Fig.1. Press - form

Плотность определялась из соотношений массы брикета к его объему. Измерение линейных размеров образцов осуществлялось с точностью до 0,1 мм, а взвешивание, с помощью лабораторного веса ТВЕ-2,1-0,01 с точностью до 0,01 г.

Полученные данные экспериментов приведены в виде точек на рис 2 - 5.

Проведенный корреляционно-регрессионный анализ, методом наименьших квад-

ратов с высокой степенью достоверности (коэффициент корреляции $r= 0,97$) показывает, что эту зависимость можно описать следующим уравнением:

$$\gamma = 1123,3 - 800 \times e^{-2,23p} \quad (1)$$

где γ - плотность соломы
 p давление прессования

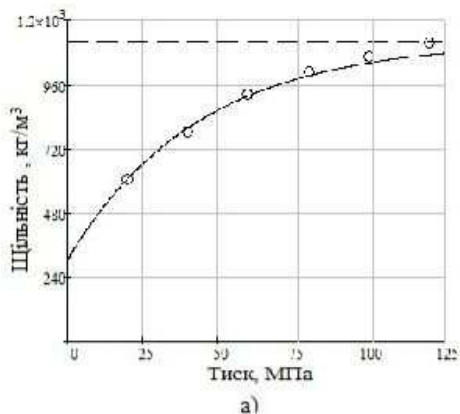


Рис.2.Зависимость плотности γ от давления p при выдержке $\tau = 0$ с ;:

Fig.2. The dependence of the density γ of the pressure p at shutter $p= 0$ s:

Для выдержки $\tau = 10$ с результаты исследований приведены на рис.3.

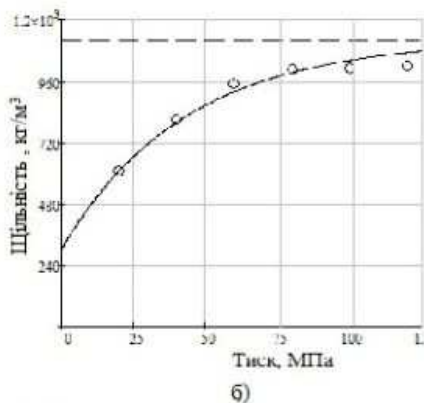


Рис.3 Зависимость плотности γ от давления p при выдержке $\tau=10$ с

Fig.3 The dependence of the density γ of the pressure p at shutter $p= 10$ s

Как и в предыдущем случае коэффициент корреляции $r= 0,99$ есть довольно высоким, что эту зависимость (рис.3) можно описать следующим уравнением:

$$\gamma = 1123,3 - 800 \times e^{-2,23p} \quad (2)$$

где: γ - плотность соломы,
 p – давление прессования.

Для выдержки $\tau = 20$ с результаты исследования приведены на рис.4.

Для выдержки под давлением 20 с с довольно высокой степенью достоверности (коэффициент корреляции $r= 0,99$) данную зависимость можно описать следующим уравнением:

$$\gamma = 1123,3 - 800 \times e^{-310p} \quad (3)$$

где: γ - плотность соломы,
 p давление прессования.

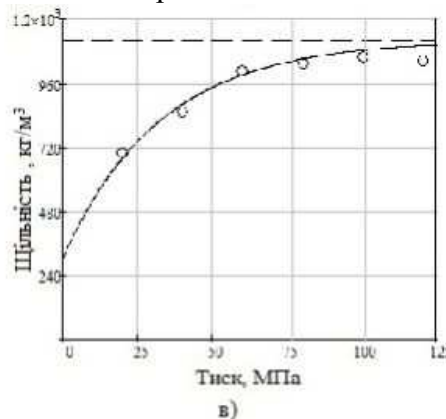


Рис.4.Зависимость плотности γ от давления p при выдержке $\tau=20$ с

Fig.4.The dependence of the density γ of the pressure p at shutter $p= 20$ s

Для выдержки $\tau = 30$ с будут иметь следующий вид (рис.5)

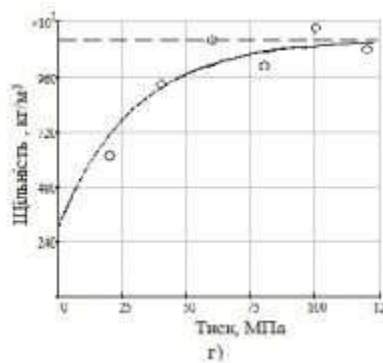


Рис.5 Зависимость плотности γ от давления p при выдержке $\tau=30$ с

Fig.5 The dependence of density γ of the pressure p at shutter $p= 30$ s

Проведенный корреляционно – регрессионный анализ методом наименьших квадратов с высокой степенью достоверности (коэффициент корреляции $r= 0,94$), представленная зависимость описывается следующим уравнением:

$$\gamma = 1123,3 - 800 \times e^{-340p} \quad (4)$$

где: γ - плотность соломы,
 p – давление прессования.

Начальная плотность материала $\gamma_{нач}$, а также максимальная плотность материала $\gamma_{макс}$. во всех случаях, являются одинаковыми.

Согласно полученным данным экспериментам - прирост плотности уменьшается относительно прироста давления, подобный вид имеет экспоненциальная функция, поэтому зависимость плотности от давления в общем случае можем описать следующим уравнением:

$$\gamma(p, \tau) = (\gamma_{макс} - \gamma_{нач}) \times (1 - e^{-\zeta p}) + \gamma_{нач}, \quad (2)$$

где: γ - плотность соломы,

p - давление прессования,

τ - время выдержки под нагрузкой,

$\gamma_{макс}$. - максимальная плотность соломы,

$\gamma_{нач}$ - начальная плотность соломы,

ζ - эмпирический коэффициент, который зависит от времени выдержки τ , и определяет форму функции,

В свою очередь эмпирические коэффициенты ζ зависят от выдержки τ . (таблица), и определяют форму функции

Таблица. Зависимость коэффициентов ζ от выдержки τ

Table.Dependence of ζ of exposure τ

τ , с	ζ , МПа ⁻¹
0	225,5
10	231,8
20	306,1
30	332,6

Как видно из приведенной таблицы до 10 с выдержка не имеет существенного влияния на процесс прессования а максимальный эффект достигается на интервале 10 - 20 с

ВЫВОДЫ

1) Полученные зависимости на конечную плотность исследуемых образцов влияют следующие параметры: давление прессования, и время выдержки материала под давлением. 2) Время выдержки материала под давлением (до 10с.) не имеют существенного влияния на конечную плотность полученного образца. 3) Полученные зависимости являются основаниями оптимизировать конструктивно-техно-

логические параметры машин для производства топливных брикетов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Dolgov I.A. 1972. Szhatyesena - solomystykhmaterialovvporshnevkhpressakh. Mekh. yelektr. sots. s. kh-va, № 10. 8-11
- Dolgov I.A. 1972. Zakonomernosti szhatyia sena-solomystykh materialov. «Mekh. i elektr.sots. s. kh-va», № 10. 8-11
- Solid biofuels - Fuel specifications and classes - Part1: General requirementsEN 14961-1:2010 Evropeiskyistandart
- Mani S. 2006. Effects of compressive force, size and moisture content on mechanical properties of biomass pellets from grasses. Biomass and Bioenergy, № 30. 648 - 654
- Boyarchuk V. 2012. Ocinka energoefektyvnosti tehnologij vykorystannia solomy ripaku v energetychnyh ciliah. // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 14. No.4. 11-15.
- Medvedovskyj O. K., Ivanenko P. L. Energetychnyj analiz intensyvnyh tehnologij v silskogospodarskomu vyrobnyctvi. - K.: Urozhaj. 208.
- Vitvicky`j V.V., Poleshuk A.O. 2009. Metodologichni aspekty` energetychnogo analizu mexanizovanyx procesiv u roslynnnyctvi/ Rezhymdostupuhttp://www.nbu.gov.ua/portal/soc_gum/Pav. 11-13
- Kravchuk.V.I., Posibnyk. Tehnologii ta obladnannia, dlya vykorystannia ponovlyvalnyx dzherel v silskogospodarskomu vyrobnyctvi – Doslidnycke: UkrNDIPVT im. L Pogorilogo. 184.
- Myronenko V. G. Tverde biopalyvo v teplozabezpechenni sela. Rezhym dostupu http://www.nbu.gov.ua/Portal/chem_biol/nvna_u_bbe/11mvg.pdf/
- Paskaryk V. Vplyv stanu steblostoyu silskogospodarskyh kultur na funkcionalni pokaznyky shyroko zahvatnyh zernozbyralnyh kombajniv v umovax Zaxidnogo regionu Ukrainy. Rezhym dostupu http://www.nbu.gov.ua/portal/Chem_Biol/Ttar/PDF/.23.
- Geletuxa G. G. Suchasnyj stan ta perspektyvy rozvytku bioenergetyky v UkrainiRezhymdostupu[http://elibrary.nubip.edu.ua/8111/1/10Energetychna_strategiia_Ukrainy_do_2030_roku_\[Elektronnyj_resurs\]](http://elibrary.nubip.edu.ua/8111/1/10Energetychna_strategiia_Ukrainy_do_2030_roku_[Elektronnyj_resurs]):
- Internet - sajti Ministerstva palyva ta

- energetyky Ukrainy` : http /
[www.mpe.kmu.gov.ua/fuel/doccatalog/
 document? id = 50295](http://www.mpe.kmu.gov.ua/fuel/doccatalog/document?id=50295)
13. Biomasa plan dlya Ukrainy` (proekt).2008. K. NTC – "Biomasa". 43.
 Yermilov S.F. Derzhavna energetychna polityka v ukrayinskomu ta evropejskomu konteksti / S.F. Yermilov// Rezhym dostupu: http://www.ief.org.ua/Arjiv_EP/Ermilov.
14. Konceptiya "neatomnogo" shlyahu rozvytku Ukrainy / Rezhym dostupu: http://ch20.org/ukr/nconcept_ukr.
15. Jech J. 2008. Suszenie ziarna energia uzyskana ze spalania biomasy. // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 10. 60-66.
16. Cherevko. G. 2007. The perspectives of ecological fuel production and use in agriculture of Ukraine. // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 9. 40-48
17. Shtefan Ye. V., Ryndiuk D. V. 2008. Vyznachennia reolohichnykh vlastyvostei dyspersnykh materialiv – vidkhodiv kharchovoi ta pererobnoi promyslovosti // Naukovipratsi NUKhT. – № 25.
18. Ryndiuk D. V. 2012. Vyznachennia strukturno-mekhanichnykh vlastyvostei vidkhodiv ahropromyslovoho kompleksu // Visnyk Vinnytskoho natsionalnoho ahrarynogo universytetu. – T.1, №10. - 181-187.
19. Nazarov V.I., Makarenkov D. A., Bulatov I. A. 2010. Issledovanie processa granulirovaniya dispersnykh othodov na rotornykh pressah s ploskoj matriciej. // Vestnik MITHT. t. 5, №6.13-16
20. Lisowski A. 2011. Biomasa jako źródło energii odnawialnej. / Rozdz. w monografii pt. Współczesna. inżynieriarolnicza – badania i zastosowania. Wyd. PTIR Kraków.

FEATURES MECHANICS - TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF RAPE STRAW DURING THE PROCESS OF PRESSING

Abstract. The article discusses pressing rape straw, and the influence of the parameters of time and pressure on the density of the samples. The technique of experimental studies of mechanical-technological properties of plant materials. Established the relationship between time and pressure parameters, the density of the samples

Keywords: biofuels, press-tion, mechanical-technological properties.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РЫНКА БИОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА В УКРАИНЕ

Владимир Галанец

*Львовский региональный институт государственного управления
Национальной академии государственного управления при Президенте Украины
г. Львов, смт. Брюховичи, ул. Сухомлинского, 16*

Volodymyr Halanets

*Lviv Regional Institute of Public Administration of the National Academy of Public Administration
Office of the President of Ukraine*

Аннотация. Рассматриваются перспективы развития рынка биодизельного топлива в Украине. Кроме главной задачи аграрного сектора экономики сельскому хозяйству Украины предстоит выполнить еще одну ответственную задачу – производить заменитель минерального топлива биодизельным путем использования фотосинтеза. Такой путь рекомендует современная наука.

Ключевые слова: производство биодизельного топлива, роль стран ЕС, программа Кабинета Министров Украины на 2007-2010 гг., совместное исследование с Австрией, перспективы развития рынка биодизельного топлива.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Запасы минеральной нефти ограничены. Производство нефти в мире сократилось на 30%, а потребность возросла на 60%.

Тысячекратное возрастание цен на топливо, зависимость от России, требует выбора альтернативы.

Лучшим сырьем показал себя озимый рапс, сельскохозяйственная культура, в семенах которого содержится 38-50% растительного масла.

Украина имеет большие возможности в производстве озимого рапса. На 2007-2010 гг. была составлена Программа Кабинета Министров Украины, предусматривающая строительство 20 заводов по производству дизельного топлива, общей мощностью 629 тыс. т в год. Но в Кабинете Министров для выполнения этой программы на нашлось денег и она осталась декларацией.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Исследования теоретических и практических аспектов, особенностей проблем

производства биодизеля нашли отображение в научных трудах отечественных и зарубежных ученых, сред них: В. Гаврыш, В. Герасимович, М. Диксон, В. Дибровин, Г. Забрамный, Г. Калетник, М. Кобец, И. Кравченко, О. Макарчук, М. Мельничук, В. Семенов, О. Шпичак и другие.

Стремительными темпами рынок биодизельного топлива развивается в США, Канаде, Бразилии, странах ЕС. Во многих регионах, в том числе и в Украине, еще не созданы условия для внедрения и развития таких инноваций.

ПОСТАНОВКА ЗАДАНИЯ

Цель публикации – проанализировать всеми доступными способами, состояние дел с выращиванием озимого рапса и создания рынка биотоплива в Украине, наметить перспективы его развития.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

В ЕС разработана четкая стратегия производства биодизельного топлива таким образом, чтобы не создавать противоречий между производством продуктов питания и биодизеля.

Кабинетом Министров Украины принята Программа производства биодизеля на 2007-2010. в которой предусматривалось сооружение 20 заводов по его производству общей производительностью 623 тыс. т биодизеля в год. Но в правительстве не нашлось денег на строительство заводов. Нашлись деньги только на один завод в Киевской области.

Институт экономики и прогнозирования НАН Украины и Международный институт системного анализа в Австрии (IIASA) сообщают исследуют потенциал земельно-ресурсной базы Украины, в соответствии с

принципами ФАО. Здесь есть свободная еще земля для выращивания рапса, которой в странах ЕС уже нет. Все благополучно на территории Киевской области с наличием производственной базы, техническим и кадровым потенциалом, не работающими на полную мощность спиртзаводами и маслокомбинатами способными переработать 1,5 млн. т семян озимого рапса в год.

Сельское хозяйство Украины приобретает в таких условиях значимость как генератор продовольственной безопасности и, одновременно, как поставщик сырья для производства биодизеля. В некоторых областях посевы озимого рапса стали возрастать усиленными темпами для укрепления экономики сельскохозяйственных предприятий. Наиболее подготовленными для строительства заводов по изготовлению биодизеля стали области: Одесская (произвела в 2010 году 271,0 тыс. т семян озимого рапса), Кировоградская (123,0 тыс. т), Николаевская (120,0 тыс. т), Херсонская (117,0 тыс. т), Львовская (97,2 тыс. т).

Оказались не подготовленными для этого области: Закарпатская (0,5 тыс.т), Харьковская (1,2 тыс.т), Луганская (4,0 тыс.т), Донецкая (7,3 тыс.т), Автономная республика Крым.

Десять оставшихся областей занимают средние позиции и могут быть готовыми к строительству заводов по изготовлению биодизельного топлива несколько позже.

Объективная характеристика распространения рапса в Украине дается в табл.1.

Анализ таблицы свидетельствует, что усиленно расширяться озимый рапс стал только с 2007 г. что Украина не уделяет должного внимания его производству. Расширяется он стихийно, причина – высокие цены на мировом рынке.

Среди стран, покупающих в Украине рапс, числятся страны ЕС: Нидерланды, Бельгия, Франция, Польша, Германия. Цена: 4800 грн. / т. Естественно, выгоднее было бы торговать не семенами, а готовым биодизельным топливом, но Украина к этому не готова.

Изучение технических условий сооружения завода с годовым выходом биодизеля 50 тыс. т в Киевской области показывает, что кроме изготовления биотоплива, завод обеспечивает производство ряда ценных побочных продуктов и электроэнергии [4].

Среди них глицерин – широко применяется в отраслях промышленности и в медицине. Шрот – как составная комбикормов в животноводстве, протеин – для изготовления белка в пищу людям при

Таблица 1. Посевные площади, урожайность и производство озимого рапса в Украине [12]
Table 1. Sowing areas, productivity and production of winter-annual rape in Ukraine [12]

Показатель	2000 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2010 г. к 2000 г., %
Посевные площади, тыс. га	214	207	214	891	1410	1060	907	423,8
Площади собранного рапса, тыс.га	157	195	387	800	1080	1014	863	549,7
Урожайность, ц/га	8,4	14,6	15,1	13,1	20,8	18,5	17,0	202,4
Производство семян, тыс.т	132	235	106	1097	2873	1873	1970	1492,4

Таблица 2. Экологическая эффективность производства биодизеля заводом с годичным выходом 50 тыс. т в Тернопольской области [11]
 Table 2. Ecological efficiency of production of biodiesel a plant with a circannual exit 50 thousand tons in the Ternopil Region [11]

Показатели	На базе оплаты семян рапса на рынке	На основе себестоимости
Годичная мощность завода, тыс. Т	50	50
Инвестиции на строительство, млн. дол. США	20	20
Амортизация, лет	10	10
Амортизационные отчисления, дол. США / т	40	40
Издержки на семена, дол. США / т	1203	504
Издержки на переработку семян	45	115
Издержки на метанол	50	50
Другие (труд, энергия), дол. США	20	20
На очищение, дол. США	22	22
Общие производственные издержки, дол. США	1385	626
Расчетная цена 1 т биодизеля, дол. США / т	983	983
Прибыль на 1 т биодизеля, дол. США / т	-402	297
Рентабельность производства биодизеля, %	-29,03	43,20

белковом дефиците, электроэнергия за "зеленым тарифом".

Установлено, что срок окупаемости издержек на строительство завода не превышает 4 года [4].

Биодизель с рапса – экологически чистый источник энергии, имеет высший уровень биологического распада, лучшие смазывающие особенности, меньшую дымность выхлопных газов.

Результаты исследований доказывают объективную необходимость использования в производстве биодизеля сырья по себестоимости. Если семена рапса закупаются на рынке, то изготовление биодизеля может быть убыточным. Если оцениваться по себестоимости – выгода обеспечена.

Стремительными темпами рынок биодизеля развивается в США, Канаде, Бразилии. Во многих регионах, в том числе и в Украине, еще не созданы условия для внедрения и развития таких инноваций.

Изучение технических условий сооружения завода с годовым выходом биодизеля 50 тыс. т выявлено, что кроме изготовления биодизеля завод обеспечит производство побочных продуктов и электроэнергии.

Полученный глицерин высокого качества находит широкое применение в отраслях промышленности и медицине.

Шрот используется как добавка комбикормов в животноводстве.

Изолят белка (протеин) представляет собой растительный белок, используется в пищу. Годовое производство электроэнергии составляет 93960 МВт час. Такой объем может удовлетворить потребность аграрных предприятий Киевской области в электроэнергии на 26-40% []. Реализация электроэнергии биодизельным заводом является экономически выгодной, поскольку может осуществляться за "зеленым" тарифом.

Исследованиями проблемы создания рынка биодизеля в Украине занимаются многие учреждения: министерство аграрной политики и продовольства, министерство топлива и энергетики, Национальная академия наук Украины, национальный университет биоресурсов и природопользования, институт экономических исследований, международное энергетическое агентство, Всеукраинская ассоциация "Укрбиозерго", Аналитический совещательный Центр и много других.

Высокие цены на энергоносители, зависимость многих стран от изменения климата стимулируют правительства многих стран искать альтернативную замену минерального топлива. Транспортный сектор ЕС потребляет свыше 30% от общего потребления

энергии, на 98% он зависит от выкопного топлива, от импорта.

Биотопливо – лучший способ заменить значительную часть выкопного сырья.

В развитии рынка биотоплива во Франции, Германии, Испании, Швеции присутствуют несколько факторов. Наиболее важный – фискальная поддержка.

Другой общий фактор состоит в том, что в каждой стране ЕС существует серьезное "лобби" – политическая поддержка левых партий и партии зеленых.

ВЫВОДЫ

1. Кроме главной задачи аграрного сектора экономики – накормить свое население, сельскому хозяйству Украины предстоит выполнить еще одну задачу, также сложную и ответственную – производить заменитель минерального топлива биологическим заменителем – биодизелем.

2. Мировые запасы нефти оказались ограниченными. Производство топлива на основе нефти последнее время сократилось на 30%, а потребности возрасли на 60%.

3. Стремительными темпами рынок биотоплива развивается в США, Канаде, Бразилии, странах ЕС. В Украине пока не созданы условия для внедрения таких инноваций.

4. Посевные площади озимого рапса расширяются без строительства перерабатывающих заводов. страны ЕС покупают в Украине его семена (4800 грн./т).

5. Институт экономики и прогнозирования НАН Украины сообща с Международным институтом системного анализа в соответствии с принципами ФАО исследуют потенциал земельно-ресурсной базы Украины, поскольку здесь еще есть свободная земля для выращивания рапса, которой в странах ЕС уже нет.

6. На 2007-2010 годы в Украине была принята Программа Кабинета Министров Украины предусматривающая строительство 20 заводов по производству биодизеля, общей мощностью 629 тыс. т в год. Но Кабинет министров не нашел денег для строительства (строится только один завод в Киевской области), так что Программа не выполнена.

7. Наиболее подготовленными для строительства заводов по производству биодизе-

ля в Украине считаются: Одесская, Кировоградская, Николаевская, Херсонская и Львовская области, где производят от 100 тыс. т (Львовская) до 300 тыс. т (Одесская область).

8. Учитывая, что мелкие (областные) заводы по изготовлению биодизеля мощностью 50 тыс. т в год не могут быть высокорентабельными (при покупке семян на рынке). Основное внимание должно быть сосредоточено на строительстве крупных заводов (100 тыс. т биодизеля). Контроль за их строительством должно взять на себя государство.

9. Анализ ситуации с производством биодизеля в мире обязывает Украину изучать опыт ЕС и других стран, активизировать развитие биодизельной промышленности с целью удешевления энергии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Jevic P. 2012. Technical standard for rapeseed oils as a fuel. / P. Jevic // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 14. No. 3. 4-8.
2. Halanets V.V. Becoming of market of biopropellant in Ukraine. An international research and practice conference "Strategy of innovative development of economy : business, science, education" 11-14.04.2012. - Kharkiv. 32-34.
3. Power strategy of Ukraine on a period to 2030. Order of Cabinet of ministers of Ukraine from 15.03.2006 №145. http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/FIN3853Z.html.
4. Ignat'jeva T. G. 2011. Production and consumption of biodiesel in the agrarian enterprises of Ukraine // Economy of APC., №4,33.
5. Kaletnyk G. M. 2010. An economy of biopropellant production in Ukraine and providing of food safety // Economy of APC., №1.
6. Kyrylenko I. G., 2010. Demjanchuk V. V., Andrjushenko B. V. Forming of market of the Ukrainian biopropellant : pre-conditions, prospects, strategy // Economy of APC., №4, 162-169.
7. Matkovsky S. O. 2009. Economic Report: Agriculture of Lviv Region in Lviv regional department of statistics.
8. World market of oil. Energybusiness // www.e-b.com.ua
9. Polischuk V. 2012. Alternative diesel fuels /

V. Polischuk, V. Dubrovin, A. Polischuk // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 14. No. 3. 20-31.

10. Program of development of production of diesel biopropellant. Resolution of Cabinet of ministers of Ukraine from 22.12.2006. №1774: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1774-2006-п>.

11. Agriculture of Lviv Region. Statistical collection for 2010. Lviv regional department of statistics, 2011.

12. Agriculture of Ukraine in 2010. - Kyiv: Department of state statistics. - 2011, 826.

13. Flys I. 2012. Scientifically-methodological problems in the management of creation innovative projects productive - processing complexes. // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 14. No. 4. 91-96.

14. Shpychak O.M. Problems of food safety and biopropellant. Collection of scientific

works of the National university of bioresources and nature management of Ukraine. – Kyiv. NULES. – 19.

15. Shubravska O. V Development of agrarian market of Ukraine. Economy and prognostication. 2011 -№2. 48-57.

PROSPECTS OF MARKET DEVELOPMENT BIODIESEL FUEL IN UKRAINE

Summary. The prospects of market of biodiesel fuel development in Ukraine are examined. Besides the main task of agrarian sector of economy agriculture of Ukraine should execute another responsible task - to produce biodiesel instead of mineral fuel on the basis of photosynthesis. This way is recommended by modern science.

Keywords: production of biodiesel fuel, role of countries EC, program of Cabinet of ministers of Ukraine on 2007-2010, joint research with Austria, prospects of market of biodiesel fuel development.

ФАКТОРЫ УПРАВЛЕНИЯ СТОИМОСТЬЮ ПРОЕКТОВ ПО ОПТИМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТРУКТУР ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

Александр Олифер, Игорь Флыс

Львовский национальный аграрный университет

г. Дубляны, ул. Владимира Великого 1

Olexander Olifer, Ihor Flys

Lviv National Agrarian University

Аннотация. В работе рассмотрены факторы, влияющие на управление стоимостью проектов по оптимизации производственных структур предприятий лесного хозяйства. Определены ключевые аспекты стоимости, для управления которыми установлена их иерархическая подчиненность.

Ключевые слова: проект, проектная среда, факторы стоимости, производственная структура, лесное хозяйство.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Одной из предпосылок успешного управления стоимостью проектов является комплекс мероприятий и решений, главная цель которых состоит в эффективном контроле ресурсов проекта, с учетом временных, финансовых и технических ограничений. Основной проблемой для менеджеров проектов считается оптимальное сочетание трех заданных категорий, а именно - стоимости, сроков и качества выполнения работ, согласно заданным техническим условиям. Управление стоимостью проектов является непростым и трудоемким процессом со многими параметрами, критериями и ограничениями [6]. Важную роль в управлении стоимостью проектов играет глубокое понимание того, какие именно факторы управленческой деятельности влияют на эту категорию. Назовем их ключевыми факторами стоимости в проектах. Знать их важно по двум причинам. Во-первых, организация не может работать непосредственно со стоимостью проекта. Она занимается тем, на что способна влиять, например, выполнением заданных работ, удовлетворением запросов потребителей, и т.п. Во-вторых, именно факторы стоимости помогают менеджерам высшего эшелона понять, что происходит на всех уровнях проекта, и довести до каждого исполнителя работ свои планы и намерения, применяя при

этом методы и инструменты управления проектами.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Научная периодика сегодня посвящает вопросам управления стоимостью проектов значительное внимание, о чем свидетельствуют попытки широкого использования зарубежного опыта в практике управления этой категорией, однако без необходимой его адаптации к отечественным условиям. В то же время украинская наука отстает от управленческой практики. Эффективное управление стоимостью проектов невозможно без понимания факторов, которые создают проектную среду. Изучения условий формирования стоимости необходимо, по крайней мере, для выяснения их подчиненности, направленности действия и силы воздействия на стоимость каждого проекта с целью принятия управленческих решений, ориентированных на успешное его внедрение. Важные исследования по этому вопросу было проведено, в первую очередь, зарубежными авторами-практиками, имеющими опыт консультационных услуг по оценке стоимости проектов и компаний, таких как Т. Коупленд, Т. Коллер, Дж. Мурин и другие [10]. Среди российских ученых проблемы управления стоимостью рассматривала И. Ивашковская [13]. Наибольший вклад в развитие основ стоимостного управления проектами, с учетом особенностей украинской экономики, сделал А. Г. Мендрул [11] и другие. Научные и практические аспекты, а также методологические принципы управления проектами комплексного выращивания и переработки продукции в аграрных предприятиях рассмотрены в работах [18, 19, 20, 21]. А в исследовании [22] обоснованно задачи управления проектами для использования возобновляемых источников энергии в

АПК. Однако факторы влияния и методы обоснованного принятия решений в управлении стоимостью проектов по оптимизации производственных структур предприятий исследовались еще не достаточно.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Цель работы - рассмотреть и проанализировать факторы влияния для обоснованного принятия решений в управлении стоимостью проектов по оптимизации производственных структур (ПОПС) предприятий лесного хозяйства. Для этого необходимо определить структуру факторов управления средой проекта, а также обозначить основные этапы разработки и принятия управленческих решений.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Современное положение в предприятиях государственных лесных хозяйств определяют как внешнее окружение проекта, так и внутренние конфликты. Все это создает определенные специфические условия, которые характеризуют процессы реализации проектов по оптимизации производственных структур государственных лесхозов, как выполнение их в условиях неопределенности и риска. Прежде всего это касается процессов управления стоимостью, временем, качеством и ресурсами проекта. Проблемы и задачи, которые возникают при реализации проектов, требуют немедленного решения, и оперативного принятия управленческих действий [3]. Понятно, что такие решения являются очень сложными и принимаются с учетом многих параметров и соотношений между этими параметрами. Поэтому в процессе управления прежде всего должны быть проанализированы и выделены те факторы внутренней и внешней среды проекта, которые могут заметно влиять, на его стоимость.

В динамике выполнения проекта выделяют его внешнюю и внутреннюю среду, которые являются сложным комплексом взаимосвязанных отношений с командой проекта, что значительно влияет на его успех (рис. 1).

Внешнюю среду формируют заказчики проекта, инвесторы, потребители продукта и конкуренты, а еще – законодательная база.

К составляющим внутренней среды проекта отнесем: технологии, оборудование и процессы лесного хозяйства (предметная область), команда проекта, а также применяемые инструменты и процедуры управления.

В управлении средой проектов по оптимизации производственных структур гослесхозов можно выделить три объекта:

- 1) объект 1 - управление внутренней средой;
- 2) объект 2 - управление внешней средой непосредственного действия;
- 3) объект 3 - управление внешней средой опосредованного действия (рис.1).

Управление средой выливается в систему поддержки и принятия решений, которые ведут к эффективному управлению персоналом, стратегиями, действиями, рисками и другими составляющими, в том числе и стоимостью проектов.

В управлении стоимостью проектов особое внимание следует уделять управлению факторами внутренней среды, что предусматривает: принятие стиля руководства; компьютеризацию системы информатизации, организацию системы ведения документации, формирование команды и участников проекта, выбор методов и средств коммуникации; экономические, технические и социальные условия. Отклонение от плановой стоимости проекта, как правило, в сторону увеличения, которое частослучается при его выполнении, связано со многими объективными и субъективными причинами, например: ошибками планирования, результаты которого могут внести корректировки в предварительную стоимость, риски, которые возникают на этапе реализации, несогласованность действий, форсмажорные обстоятельства и т.п. Экономическое окружение проектов в частности ставит ряд вопросов относительно направлений их эффективной реализации. Если анализировать факторы стоимости проектов то, мы можем разделить их на три группы:



Рис.1. Взаємодія середовища та команди проекту
Fig. 1. Interaction and environment project commands



Рис. 2. Структура факторов управления стоимостью проекта
Fig. 2. Structure of cost factors project management

1) общесистемные факторы, определяющие предпосылки эффективного функционирования предприятия после реализации ПОПС, к которым принадлежат степень реализации принципов деятельности, организационная культура, обоснованность системы отбора и оценки организационных решений, наличие организационного механизма, осуществляющего координацию и обеспечивающие взаимосвязь частичных процессов;

2) внешние факторы, которые обусловлены воздействиями внешней среды и ограничением инвестиционных ресурсов;

3) внутренние факторы, включающие собственный капитал, предметную область (технологии, оборудование, процессы лесохозяйственных работ), управление персоналом.

По значимости и силе влияния отдельных факторов на стоимость проекта следует выделять наиболее существенные из них. Эти факторы назовем критическими. Эффективность управления стоимостью проекта, в основном, определяется именно управлением такими критическими факторами, что требует их содержательного анализа в каждом конкретном случае.

Стратегия деятельности предприятия с механизмом ее формирования и реализации является основой построения практической работы организации. Это один из критических факторов, влияющих на стоимость проекта. Ее реализация позволяет повысить эффективность за счет согласования и упорядочения связей основных элементов и процессов организации, а также связей с внешней средой. Путем своевременного пересмотра принципов достигается адекватное состояние внутренней и внешней среды предприятия.

Организационная культура также является одним из ключевых факторов, дающим возможность косвенно влиять на эффективность управленческих решений, а потому и стоимость проекта.

Существует тесная корреляционная взаимозависимость между культурой управления и успехом проекта. Все успешные проекты обладают сильной культурой и особым стилем управления, что способствовало достижению поставленных задач и целей в пределах предусмотренного бюджета проекта.

При возникновении проблем в проектах с развитой культурой управления члены команды способны оперативно принимать нужные организационные решения, поскольку основополагающие ценности определены, понятны и воспринимаются всеми работниками.

Ограничение инвестиционных ресурсов, как фактор стоимости проекта, определяет возможность достижения конечного результата, адекватного поставленным целям, с использованием имеющихся финансовых возможностей. В случае, если инновационные проекты не имеют необходимой финансовой поддержки, вероятность их практической реализации и получения эффекта (а это определяющее условие эффективности) незначительна.

Внутренние факторы управления стоимостью проекта характеризуют средства организационной деятельности. В состав этих средств относятся работники, а также используемые в практической деятельности информация, технологии, технические средства, а также собственный капитал. Высокая эффективность реализации проекта, по всей вероятности, возможна только при наличии необходимых ресурсов и снижения затрат на получение необходимых результатов.

Программа развития организации выполняет функции планирования, контроля и регулирования ее деятельности. От того, насколько совершенными являются методы планирования и управления процессом развития организации, обоснованные направления организационной деятельности и четко сформулированы цели развития, существенно зависит стоимость ПОПС предприятий лесного хозяйства. Для разработки эффективных решений используют современные методы и программные средства, которые позволяют оперировать различными критериями и подходами для определения наиболее оптимального варианта управления.

Основными этапами разработки решений по управлению стоимостью проектов ПОПС предприятий лесного хозяйства являются следующие:

- получение и обработка информации по проблемной ситуации с производственной структурой предприятия лесного хозяйства;

- определение целей ПОПС;
- разработка оценочной системы проекта;
- анализ ситуации в предприятии лесного хозяйства;
- диагностика ситуации;
- разработка прогноза развития ситуации;
- коллективная генерация альтернативных вариантов проектов;
- выбор основного варианта проекта;
- разработка сценариев развития ситуации;
- коллективная экспертная оценка основного варианта;
- разработка плана проекта;
- поиск инвесторов или источника финансирования;
- поиск генподрядчика и субподрядчиков, заключение договоров;
- управление и контроль реализации плана проекта;
- анализ результатов развития ситуации после закрытия проекта.

Необходимость принятия решений в оперативном порядке осложняется отсутствием достаточно объективной информации и нужного количества статистических данных, без чего менеджер проекта может принимать только субъективные решения. Для предупреждения возникновения возможных ошибок пользуются экспертными методами. Для этого привлекают к проекту команду экспертов, консультантов и используют экспертные системы. Поскольку процесс принятия решений является очень трудоемким и ответственным, разработано много методов принятия решений, а также критериев оценки предлагаемых альтернативных решений.

Все существующие методы разделяют на следующие группы: прямые, компенсационные, аксиоматические, порогов несравнимости и человеко-компьютерные. Учитывая известные методы и средства управления стоимостью проектов по оптимизации производственных структур предприятий лесного хозяйства, а также проблемы, с которыми сталкиваются проекты при планировании и реализации проекта, возникает необходимость в создании отдельного комплекса, позволяющего автоматизировать процесс управления стоимостью.

Прежде всего сложности возникают в связи с большим количеством информации о

стоимости работ. Условно эту информацию можно разделить на информацию относительно процессов управления стоимостью и информацию о финансовом обосновании стоимости проекта. Во-вторых, до сих пор не существует единого механизма обмена информацией между средствами расчета смет и календарно-сетевое планирования, что затрудняет процесс управления проектами. Кроме этого, проблемой крупных проектов является неоднозначность представления стоимости в проекте, ее составляющих и процессов управления стоимостью. Таким образом, возникает необходимость разработки с помощью системного анализа отдельной структуры, то есть создание иерархической модели, которая бы позволила классифицировать процессы управления стоимостью и стоимостные затраты всего проекта. Такая классификация обеспечит понимание всех аспектов управления стоимостью проектов по оптимизации производственных структур предприятий лесного хозяйства. Создание иерархических структур стоимости на основе системного анализа приводит к выделению подсистемы управления стоимостью, как части общей системы управления проектами [5].

Такая подсистема характеризуется определенными свойствами, имеет четко сформулированные законы и правила, по которым определяются принципы ее поведения на всех фазах жизненного пути проекта. Описание функциональных возможностей подсистемы управления стоимостью необходимо осуществить на основе процессов управления стоимостью, с учетом факторов риска и установленных ограничений проекта. Кроме того, важным моментом управления стоимостью ПОПС предприятий лесного хозяйства является не только выявление причин отклонений, но и методы реагирования на такие отклонения, т.е. методы принятия решений. Для этого следует предусмотреть подсистему принятия решений, в состав которой должна входить команда экспертов и экспертная система, которая разработана с использованием современных методов принятия решений.

ВЫВОДЫ

Оценку эффективности управления стоимостью в проектах по оптимизации производственной структуры предприятий лесного хозяйства целесообразно проводить на основе системного подхода. Поэтому факторы, влияющие на эффективность управления стоимостью проекта, должны выделяться с учетом основных характеристик системы управления, а именно: адаптированности, оперативности, организованности, экономичности и результативности.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Воjко А.В. 2001. Управління проектами з використанням системи підтримки прийняття колективних рішень. / Автореферат на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. К.: КНУБА.
2. Борисов. А. Н., Алексеев А.В., Меркушев Н.В. 1989. Обработка едноточковой информации в системах принятия решений. М.: Радио и связь. – 304.
3. Колпаков В.М. 2000. Теория и практика принятия управленческих решений: Учеб. пособие. – К.: МАУП, – 256.
4. Морозов В. В. 2000. Экспертные процедуры и методы принятия решений в проектном менеджменте // Управление проектами та розвиток виробництва: Зб. наук. прац. – Луганск: Східноукраїнський держ. ун-т, – № 1 (1). – 9-19.
5. Морозов В. В. Калинин О.В. 2003. Особенности построения подсистемы управления проектами у крупномасштабных проектах // Управління проектами та розвиток виробництва: Зб. наук. прац. – Луганск: Східноукраїнський держ. ун-т, – № 2 (7). – 22-29.
6. Шимжай К., Сигел Joel H. 1996. Методы управления стоимостью и анализа затрат / пер. з англ. – М. : Информ. изд. дом «Филин», – 344.
7. Керівництво з питань вивчення компетентності і сертифікації українських професіоналів керівників і фахівців з управління проектами NCB (ua) / S.D. Бувишев, N.S. Бувишева, V.Y.Буков, V.D. Вплович. – К.: ТОВ «Т.А.К.К.», 2000. – 84.
8. Калинин О. В. 2004. Управление проектами с использованием методов та моделей управления проектами. / Диссертация на получение докторской степени кандидата технических наук. К.: КНУБА, 183.
9. Kosturko R.O., Tertuchna N.V., Shevchuk V.O. 2008. Kompleksna ocinka vartosti pidprujemstva:[Tekst] Monografij / Za zah. red.dokt.ekon. nauk, akademika NAN Ukraina M.H. Chymachenka.-2-ge vud.pererobl. i dop.-X.:Faktor,- 278.
10. Coyplend T., Coler T., Murun Dj. 1999. Stpjemostj kompanii: ocenka I upravlenija [Tekst] /Per.s.anhl. M.-ZAO» Olimp-biznes», - 25.
11. Mendrul O.G. 2002. Ypravlinj vartistjy pidprujemstv. [Tekst] Monografija. – K.: KNEY,- 272.
12. Momot T. 2007. Ocinka vartosti biznesy: sychasni tehnologij. [Tekst] -X.:Faktor, -224.
13. Ivavkovskaja I. 2004. Slijnija poglowenija: lovuwku rosta // Upravlenija kompaniej.- - №7. – 26-29.
14. CtaryukP.Y. Ypravlinj stojemostoj kompanij kak osnovnaja zadacha korporatuvnogo upravlenija [Elektronujresurs]. Regum dostupu: <http://www.cfin.ru>.
15. Seredinskia I. 2010. Sistema pokaznukiv upravlinj vartistuj pidprujemstv / I. Seredinskia // Ekonomichnujanaliz. — Vup. 5. – 167-169.
16. R. MaxWideman, 1991. Ed. Project & program Risk Management: A Guide to Managing Project Risks and Opportunities. ProjectManagementInstitute, – 120.
17. Bushuev S.D., Morozov V.V. 2000. Duna-micheskoje liderstvo v upravlenii projektami: Monografija.- 2-ge uzd. – K., - 312.
18. Flys Ihor. 2011. Scientific and practical asreects of project management for production and reprocessing complexes / TEKA / Polish academy of sciences // Commission Motorization and power industry in agriculture. – Vol. XI. – Lublin, –83-91.
19. Flys I. 2012. Scientific and methodological problems in management innovative projects creation of production and reprocessing // MO-TROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 14. No. 4. 91-96.
20. Flys Ihor. 2011. Scientific and practical asreects of project management for production and reprocessing complexes / TEKA / Polish academy of sciences // Commission Motorization and power industry in agriculture. – Vol. XI. – Lublin. 83-91.
21. Flys Ihor. 2010. Engineer project management of production and processing complexes /

MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 12. 75-81.

22. Sydorchuk O., Sydorchuk L., Tatomyr A. 2008. Grounding of the main tasks the project-management of power supply for rural power consumers // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 10. 122-125.

PROJECTS MANAGEMENT COST FACTORS FOR THE OPTIMIZATION OF FO-

RESTRY ENTERPRISES PRODUCTION STRUCTURE

Summary. The management factors which influence on the project's cost for the optimization of forestry enterprises production structure have been considered in the article. The key aspects of projects costs have been determined for a management which set them hierarchical subordination.

Keywords: project, project' environment, cost factors, production structure, forestry.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСМИССИЕЙ И ГАЗОВЫМ ДВИГАТЕЛЕМ КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА В ТРАНСПОРТНОМ ПРОЦЕССЕ

¹*Василий Матейчик*, ²*Виктор Захарчук*, ²*Олег Захарчук*

¹*Национальный транспортный университет*

²*Луцкий национальный технический университет*

¹*г. Киев, ул. Суворова*, ²*г. Луцк, ул. Львовская 75*

¹*Vasyl Maeichyk*, ²*Victor Zakharchu*, ²*Oleh Zakharchuk*

¹*National Transport University*

²*Lutsk National Technical University*

Аннотация. Приведены результаты исследований показателей колесного трактора с газовым двигателем в характерных режимах транспортного процесса.

Выбраны и обоснованы рациональные значения параметров управления трансмиссией и газовым двигателем во время разгона трактора и установившегося движения по критериям минимальных удельных расходов топлива и вредных выбросов.

Ключевые слова: колесный трактор, газовый двигатель, математическая модель, транспортный процесс, параметры управления.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Общеизвестно, что сельскохозяйственная техника оборудована дизелями, которые имеют хорошую топливную экономичность, являются неприхотливыми в эксплуатации и обслуживании. Однако, рост требований к экологическим показателям транспортных машин, в том числе сельскохозяйственного назначения, требует усовершенствования их конструкции, которое обеспечит существенное уменьшение выбросов вредных веществ с отработавшими газами.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Как показали предыдущие научные исследования [1, 2, 3, 4, 5], одним из эффективных способов улучшения экологических показателей тракторов с дизелями есть их переоборудование для работы на сжатом природном газе (СПГ), в том числе с возможностью работы на биометане, который является продуктом самого сельскохозяйственного производства.

Переоборудованием и доведением дизелей для работы на СПГ, на сегодняшний день, занимаются ведущие научные, научно-исследовательские и двигателестроительные организации и компании: MAN, Scania, Nissan, Mercedes-Benz, CUMMINS, Iveco, МАДИ, ВНИИГАЗ, НАМИ, ХНАДУ, ИП-Маш и др. [6, 7, 8, 9]. Анализ режимов работы двигателей колесных тракторов в условиях эксплуатации показал, что около 40–45% объема всех выполняемых тракторами работ составляют транспортные работы [10]. При выполнении этих работ двигатели работают преимущественно на неустановившемся режиме, в которых существенное влияние на топливную экономичность и экологические показатели машин имеют параметры управления трансмиссией и двигателем.

Анализ результатов исследований транспортных средств с двигателями, переоборудованными из дизелей для работы на СПГ, показал, что не выполнялись исследования влияния параметров управления трансмиссией и газовым двигателем на эксплуатационные показатели таких машин в транспортном процессе.

Поэтому исследование влияния параметров управления трансмиссией трактора и переоборудованным из дизеля газовым двигателем на показатели трактора во время движения в эксплуатационных режимах является актуальной научно-технической задачей.

ПОСТАНОВКА ЗАДАНИЯ

Целью работы является исследование закономерностей изменения расхода топлива и вредных выбросов колесного трактора с газовым двигателем в зависимости от парамет-

ров управления трансмиссией и газовым двигателем во время выполнения транспортной работы и обоснования выбора рациональных значений этих параметров.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Выбор рациональных параметров управления трансмиссией и газовым двигателем при разгоне трактора и выбор целесообразных скоростей установившегося движения осуществлялся путем моделирования на математической модели движения трактора с прицепом в принятом ездовом цикле [11] «разгон – движение с установившейся скоростью – замедления», которое отвечает эксплуатационным условиям работы трактора в транспортном процессе и описывает режимы движения [12].

Математическая модель представлена рядом дифференциальных и алгебраических уравнений, описывающих закономерности изменения скорости трактора, расхода топлива и выбросов вредных веществ в отработавших газах на каждой элементарной области ездового цикла. Входными параметрами математической модели принята величина открытия $\varphi_{др}$ и скорость $V_{др}$ открытия дроссельных заслонок газоздушного смесителя, передаточное число U_i коробки передач и частота вращения двигателя $n_{дк}$, при которой оператор включает более высокую передачу при разгоне. Заданные оператором $\varphi_{др}$, $V_{др}$ и $n_{дк}$ определяют разрежение во впускном трубопроводе Δp_k . Разрежением во впускном трубопроводе и частотой вращения определяются режимы работы двигателя, часовые расходы газа $G_{газ}$ и воздуха $G_{в}$, содержание в отработавших газах оксидов углерода CO , углеводородов C_mH_n и оксидов азота NO_x .

Исходным параметром двигателя является крутящий момент M_k , величина которого при заданном оператором положении дроссельных заслонок определяется условиями на выходе: характеристиками дороги (продольный уклон i , коэффициент сопротивления качению колес трактора и прицепа f_0), собственной массой трактора M_0 и массой груза M_z , выбранной оператором передачи U_i фактором сопротивления воздуха kF , так как эти условия определяют скорость движения

трактора и, соответственно, частоту вращения коленчатого вала двигателя.

В математической модели имитируется движение колесного трактора с прицепом по дороге, определяются в каждый момент выполнения цикла режимы работы его двигателя (частота вращения и разрежение за дроссельными заслонками газоздушного смесителя), на основании которых по экспериментально определенным характеристикам с учетом особенностей работы двигателя в неустановившихся режимах рассчитывается расход топлива, вредные выбросы, тягово-скоростные свойства трактора на элементарном участке пути, в целом в режиме и за весь цикл движения трактора.

Уточненная математическая модель движения трактора с газовым двигателем в ездовом цикле, который имитирует транспортный процесс, позволяет исследовать влияние параметров управления трансмиссией и газовым двигателем на экономические и экологические показатели и выбрать целесообразную скорость установившегося движения [13, 14].

Проверка адекватности математической модели движения трактора проводилась путем сравнения расчетных скоростей с данными экспериментальных исследований, полученных при реализации ездового цикла на тракторе и сравнений расходов топлива [15].

Теоретические исследования показателей трактора с газовым двигателем проводились согласно алгоритму определения рациональных значений параметров управления трансмиссией и газовым двигателем, который показан на рис. 1.

Алгоритм позволяет определять целесообразный порядок переключения передач в зависимости от эксплуатационных условий по критерию минимального удельного расхода топлива и рациональную максимальную частоту вращения двигателя, при которой происходит переключение передач, а также рациональные значения величины и скорости открытия дроссельных заслонок в процессе разгона по критерию минимальных суммарных выбросов вредных веществ и установить целесообразные скорости установившегося движения трактора в зависимо-

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСМИССИЕЙ И ГАЗОВЫМ ДВИГАТЕЛЕМ КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА В ТРАНСПОРТНОМ ПРОЦЕССЕ

сти от коэффициента сопротивления качению.



Рис. 1. Алгоритм определения рациональных значений параметров управления трансмиссией и газовым двигателем колесного трактора

Fig. 1. The algorithm of determination of expedient values of parameters of the conducting by transmission and gas engine of the wheeled tractor

Первым этапом исследования было определение целесообразного порядка переключения передач в процессе разгона трактора. При этом принимались максимальные значения параметров управления газовым двигателем. На этом этапе выбор порядка переключения передач осуществлялся по критерию минимального удельного расхода газа

$g_{газ}$. На математической модели моделировался разгон трактора с разными вариантами переключения передач и выбирался тот порядок, при котором наблюдается наименьший расход газа за 1 км разгона.

Разгон трактора при выборе целесообразного переключения передач имитировался при коэффициенте сопротивления качению колес $f_0 = 0,016$, который характерный для сухой асфальтобетонной и цементобетонной дороги в хорошем состоянии и при $f_0 = 0,03$, который характерный для сухой грунтовой дороги, масса груза составляла 4000 кг.

Минимальный удельный расход топлива наблюдается при переключении передач порядком 6-8-9 при $f_0 = 0,016$. А при $f_0 = 0,03$ порядком 6-7-8.

Следующим этапом исследования было определение рациональных параметров управления газовым двигателем. Этими параметрами являются: частота вращения коленчатого вала двигателя $n_{ок}$ в момент переключения передач, положение дроссельных заслонок $\varphi_{др}$ на каждой передаче и скорость открытия дроссельных заслонок газоздушного смесителя $V_{др}$ с учетом рациональных параметров управления, которые были определены в предыдущих этапах исследований. Выбор параметров управления осуществлялся по критерию минимального удельного расхода газа и минимальных суммарных удельных выбросов вредных веществ, приведенных к оксиду углерода g_{CO} . При выборе учитывался целесообразный порядок переключения передач и поэтапный учет рациональных значений управления газовым двигателем.

С использованием математической модели определен целесообразный порядок переключения передач во время разгона трактора с газовым двигателем.

С использованием рекомендаций относительно целесообразного порядка переключения передач можно достичь снижения расхода топлива на 3,9...9,8 %.

Определены рациональные значения параметров управления газовым двигателем при разгоне трактора. Установлено, что для достижения минимальных удельных выбросов вредных веществ рекомендуется обеспе-

чивать максимальную частоту вращения двигателя, при которой происходит переключение передач, в диапазоне 1400...1500 мин⁻¹, величину открытия дроссельных заслонок в диапазоне 50...60 % (Рис. 2) при скорости открытия дроссельных заслонок, которая не превышает 75 %/с.

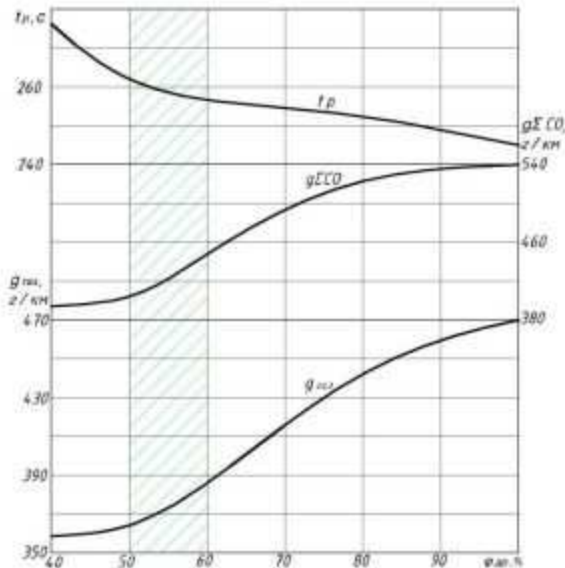


Рис. 2. Зависимости показателей трактора от угла открытия дроссельных заслонок
Fig. 2. Dependences of indexes of the tractor in function of corner of opening of chokers

Последним этапом исследования стало установление целесообразных скоростей установившегося движения на соответствующих участках ездового цикла в зависимости от величины коэффициента сопротивления качению колес с учетом рациональных значений параметров управления трансмиссией и газовым двигателем.

Установлены целесообразные скорости установившегося движения трактора с газовым двигателем в ездовом цикле в зависимости от коэффициента сопротивления качению колес. В частности, показано, что достичь минимального удельного расхода топлива и минимальных суммарных выбросов вредных веществ на дороге с сухим асфальтобетонным покрытием возможно, выполняя ездовой цикл с постоянной скоростью 20...24 км/час, а на сухой грунтовой дороге – с постоянной скоростью 10...13 км/час (рис. 3).

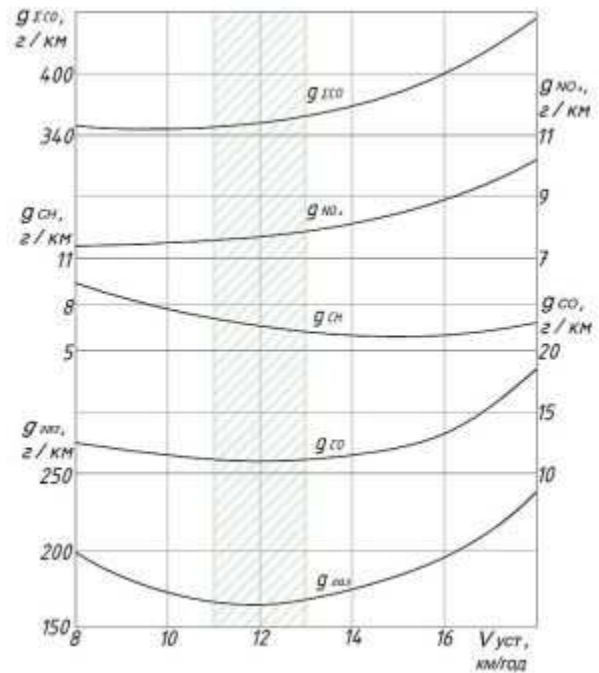


Рис. 3. Зависимости расхода газа и выбросов вредных веществ от скорости установившегося движения трактора при коэффициенте сопротивления качения $f_0 = 0,03$

Fig. 3. Dependences of gas consumption and harmful emission in function of the tractor speed (coefficient of road resistance $f_0 = 0,03$)

ВЫВОДЫ

С использованием уточненной математической модели движения колесного трактора в транспортном процессе определены рациональные значения параметров управления трансмиссией и газовым двигателем в режимах разгона и установившегося движения трактора по критериям минимальных удельных расходов топлива и вредных выбросов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Mateichyk V. P., Zakharchuk V. I., Kozachuk I. S., Zakharchuk O. V. 2008. Osoblyvosti vykorystannia pryrodnogo gazu dlia transportnyh zasobiv // Visnyk Nacional'nogotransportnogo universytetu. – K: NTU, – 127–130.
- Zakharchuk V. I., Tkachuk V. V., Zakharchuk O. V. 2011. Ekologichni pokaznyky dyzelia pry roboti na al'ternatyvnyh palyvah / Ekologia plias. – №1.– 16–19.
- Zakharchuk V., Kozachuk I. 2005. Design experiment investigation of the gas engine made of the tractor diesel // MOTROL. Commission

- of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 7. 229–236.
4. Zakharchuk V., Tkachuk V. 2010. Biodiesel fuel on the basis of izopropil esters of rape oil // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 12. 188–193.
5. Zaharchuk V., Tkachuk V., Zakharchuk O. 2011. Estimation of biodiesel fuel on the basis of rape oil and isopropylalcohol // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 11. 450–456.
6. Gazovie dvigateli // Zhurnal «Avtomaisternia». – 2006. – № 12. – 30–32.
7. Kamel M., Duggal V. Cummins B5.9G Natural Gas Engine // NGV'94 International Conference. Toronto, Ontario, Canada.
8. Yutaka T., Matsuda H., Iioka K. Development of an Urban Bus with a Turbocharger and Aftercooled Lean // Burn CNG Engine for low Emissions. NGV'94 International Conference. Toronto, Ontario, Canada.
9. Nylund N., Laurikko J., Ikonen M. 2002. Pathways For Natural Gas Into Advanced Vehicles, – Brussel: IANGV, 105 .
10. Bilokon' Y. Y., Okocha A. I. 2002. Traktory i avtomobili, – K.: Urozhai, – 324.
11. Gutarevich Y. F. 1991. Snizhenie vrednyh vybrosov avtomobil'ia v ekspluatsionnyh uslovi'ah. – K: Vyshcha shkola, – 179.
12. Mateichyk V. P., Zakharchuk V. I., Sitovskiy O. P., Zakharchuk O. V. 2010. Dorogni vyprovuvannia kolisnogo traktora z gazovym dvygunom // Technika ta tehnologii APK, – №1. – 22–26.
13. Zakharchuk O. V., Sitovskiy O. P. 2010. Eksperymentalni doslidennia kolisnogo traktora pry roboti na alternatyvnomupalyvi // Visnyk Skhidnoukrainskogo nacionalnogo universytetu imeni V. Dalia. – №6. – 114–117.
14. Zakharchuk V., Plizga K. 2004. Matematicheskaia model dlia issledovaniia vlianiia razlicnyh faktorov na ekonomicheskije i ekologicheskije pokazateli kolesnogo traktora // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 6. 302–309.
15. Mateichyk V. P., Yanovskiy V.V. Zakharchuk O. V. 2012. Perevirka adekvatnosti matematychnoi modeli ruhu kolisnogo traktora z gazovym dvygunom u jizdovomu cykli // Naukovi notatky: mizhvuzivs'kyi zbirnyk za napriamom “Inzhenerna mekhanika”. Lutsk, – 200–203.

**DETERMINATION OF RATIONAL
VALUES OF CONDUCTING PARAME-
TERS OF TRANSMISSION AND GAS EN-
GINE OF THE WHEELED TRACTOR IN
A TRANSPORT PROCESS**

Summary. The results of theoretical re- searches of indexes of the wheeled tractor with a gas engine in the characteristic modes of a transport process are given.

The rational conducting parameters of trans- mission and gas engine of the wheeled tractor after the criteria of minimum specific fuel con- sumption and harmful emission are chosen and grounded.

Key words: wheeled tractor, gas engine, ma- thematical model, transport process, rational parameters.

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ВИБРОКОНВЕЙЕРНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С КИНЕМАТИЧЕСКИМ КОМБИНИРОВАННЫМ ВИБРОВОЗБУЖДЕНИЕМ

Игорь Паламарчук, Валентина Бандура, Владислав Паламарчук

Винницкий национальный аграрный университет

г. Винница, ул. Соляна 3

Igor Palamarchuk, Valentina Bandura, Vladyslav Palamarchuk

Vinnitsa National Agrarian University

Аннотация. Транспортно-технологические машины благодаря сочетанию нескольких операций в одном производственном цикле, обеспечению непрерывности обработки и легкостью присоединения к технологическим линиям приобретают широкий спрос в отраслях агропромышленного комплекса. Применение вибрационных конвейерных машин добавляет к отмеченным качествам потенциальные возможности интенсификации технологического действия за счет поверхности тепломассообмена, достаточно актуальным в перерабатывающих и пищевых производствах. При этом основными проблемами остаются уменьшение динамических нагрузок на опорные узлы и уравнивание системы. В научной работе для решения такой задачи предлагается схема кинематического комбинированного вибровозбуждения, анализ динамики движения исполнительных органов системы и теоретическое обоснование режимных параметров вибропривода.

Ключевые слова: вибровозбудитель, динамика движения, кинематический привод, вибрационный конвейер, инфракрасная сушка.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В качестве предмета исследований в работе рассматривался кинематический комбинированный способ генерации колебаний.

В кинематических вибровозбудителях (рис. 1) за счет определенной геометрии механизма происходит преобразование вращательного движения в колебательное. Подобный вибропривод характеризуется меньшими энергозатратами по сравнению с центробежным вследствие меньшей массы колебательных частей; возможностью создавать значительные силы или моменты при невысокой скорости вращения приводного вала. Однако, сложность уравнивания

сил инерции подвижных элементов привода снижает надежность работы механизма; сравнительно тяжелые условия пуска и сложность регулирования кинематических параметров вибрации ухудшают эксплуатационные характеристики привода. В зависимости от особенностей реализации кинематического вибровозбуждения выделяют три основных типа приводов: принудительные виброприводы с жестким шатуном, эксцентриковые вибровозбудители с приводным демпфером и эксцентриковые приводы с упругим шатуном. Принудительные вибровозбудители предоставляют рабочим органам вибромашины кинематически определенное движение. Это обеспечивает поддержание постоянной амплитуды колебаний рабочих органов во всем диапазоне частот вибрации. Однако для принудительного вибропривода характерны затрудненный запуск и значительные энергозатраты на привод по сравнению с другими кинематическими вибровозбудителями. В зависимости от особенностей конструктивного исполнения подобных механизмов различают кривошипно-шатунный и кулачковый вибровозбудители.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Фундаментальные исследования технологической и конструктивной реализации вибрационных конвейерных машин были осуществлены в работах Спиваковского А.А., Гончаревич И.Ф., Франчука В.П., Надутого В.П., Кузьо И.В., Ланца А.Н. и других ученых [4, 11, 12, 15, 16].

Использование механических вибровозбудителей, в частности кинематического с системами уравнивания инерционных сил, в конвейерных системах получило развитие в Винницкой научной школе ВНАУ [1, 2, 3].



ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Для эксцентриковых вибровозбудителей с упругими элементами характер движения рабочих органов определяется не только структурными параметрами механизма, но и массами, жесткостью и особенностями конструктивного исполнения упругих связей.

Виброприводы с упругим шатуном отличаются медленным характером перехода с одного режима работы на другой. Так, за счет упругой связи запуск машины растягивается, рабочие органы разбегаются постепенно, в результате чего привод в переходных режимах воспринимает незначительные нагрузки. Подобные машины, как правило, настраивают на частоту, которая близка к собственной частоте колебательной системы с целью снижения нужной возмущающей силы. Недостатком такого вибропривода является высокая зависимость амплитуды от действующих сопротивлений и нагрузок на машину.

Вибровозбудитель с приводным демпфером связан через коромысло с жестким шатуном и с рабочими органами машины. Это обеспечивает большую устойчивость работы привода в резонансном режиме по сравнению с принудительным виброприводом. Однако, для обеспечения одинаковых размахов колебаний с приводом с упругим шатуном рассмотренный выше вибровозбудитель до-

лжен создавать большие принудительные силы, что, однако, требует повышенных энергозатрат. В дорезонансных и зарезо-

нансных режимах эта разница становится еще более существенной. Привод с частично упругим шатуном содержит шатун, который состоит из двух половин. Последние прижи-

маются друг к другу с помощью винтовых пружин с начальным натяжением, что выбирается таким образом, чтобы его усилия лишь немного превышало силы внутреннего сопротивления в установившемся режиме вибромашины. При использовании данного привода в резонансных машинах в процессе пуска он работает как кинематический с упругим шатуном, а в установившемся

режиме – как принудительный с жестким шатуном.

Эксцентриковые приводы наиболее рационально использовать в низкочастотных колебательных системах, где меньше динамические нагрузки на опорные узлы и есть возможность работы с некоторой отстройкой от собственной частоты колебаний системы, обеспечивает большую устойчивость механизма. В случае высокочастотного режима целесообразно применять эксцентриковые приводы только уравновешенных колебательных системах.

Кинематическое вибровозбуждение обуславливает преобразование вращательного движения в колебательное вследствие изме-

нения кинематических, а не силовых параметров механизма. Это позволяет уменьшить массу колебательных частей по сравнению с инерционными вибровозбудителями. Вместе с тем, необходимость обеспечения нормальных условий пуска требует или использования специальных дополнительных механизмов, или повышение энергозатрат на привод. Так, в принудительных кинематических виброприводах для пуска необходимо 10...12 кратное повышение крутящего момента [6].

Проблема улучшения условий пуска при кинематическом вибровозбуждении частично решается путем наложения дополнительных упругих связей в колебательной системе. Подобным образом использование кинематического вибропривода с упругим шатуном позволяет уменьшить динамические нагрузки в опорных узлах в переходных режимах работы вибромашины. Привод с частично упругим шатуном только в установленном режиме работы функционирует как принудительный кинематический вибропривод с жестким шатуном, так как для данного режима восстановительные силы лишь незначительно превышают внутренние опоры колебательной системы. По такому показателю как энергозатраты на привод данный механизм занимает среднюю позицию между кинематическими виброприводами с упругими и жесткими шатунами. Несколько больше от последнего приводными энергозатратами отличается вибровозбудитель с приводным демпфером, хотя при его использовании наблюдается достаточно высокая стабильность работы машины в резонансных режимах.

Как было отмечено ранее, другую важную проблему при технологическом использовании кинематических вибровозбудителей составляет обеспечение эффективного уравнивания механизма. Использование с этой целью противовесов позволяет частично компенсировать инерционные нагрузки, возникающие при работе вибромашины. Это связано с неустойчивостью колебательной системы вибрационных технологических машин для объемной обработки продукции. Подобная неустойчивость обуславливается изменением величины присоединительной массы технологической загрузки и координат ее центра масс при движении вибраци-

онно возмущенного слоя технологической среды. Более качественное уравнивание инерционных усилий достигается в вибрационной машине с двумя приводными валами, смонтированными в общей основе. Однако данная схема вибропривода отмечается сложностью конструктивного исполнения.

Одним из способов достаточно простого и эффективного решения поставленных проблем является использование комбинированного вибровозбуждения путем наложения дополнительных упругих связей на опорные узлы принудительного кинематического вибропривода с жестким шатуном (рис. 3). Противовес 3 данной машины уравнивает стационарную массу поводу, т.е. массу его подвижных составляющих при отсутствии технологической загрузки. Упругие элементы 5 создают связь между опорными узлами приводного вала 2 и основой вибромашины. По данной конструктивной схеме при отсутствии в контейнере 1 рабочего наполнителя и продукции колебательная система устойчива: совпадают ее динамическая и статическая оси. При наличии в рабочей камере гранулированной среды в процессе осуществления технологического движения или процесса колебательная система становится неустойчивой вследствие приведенных выше причин.

Вибрационную транспортно-технологическую машину, которая была представлена на рис. 3, можно считать колебательной системой, содержащей два опорных катка, один из которых является ведущим и несет на центральной оси механический вибровозбудитель. Последний содержит элементы эксцентрикового вибропривода и динамического: при наличии эксцентрикового вала и подпружиненных опорных узлов.

Данная технологическая система характеризуется 5-ю степенями свободы, а именно углами поворота приводного вала, дисков контейнера и платформы, смещением центра приводного вала относительно осей координат: X_1 и Y_1 , что проиллюстрировано на расчетной схеме машины (рис.5).

Анализируя кинематику основных составляющих данной системы (рис. 5, 6) было получено выражение ее кинетической энергии:

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ВИБРОКОНВЕЙЕРНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С
КИНЕМАТИЧЕСКИМ КОМБИНИРОВАННЫМ ВИБРОВОЗБУЖДЕНИЕМ

$$T = 0.5m_0(\dot{x}_1^2 + \dot{y}_1^2) + 0.5(I_2\dot{\phi}_2^2 + I_3\dot{\phi}_3^2 + I_4\dot{\phi}_1^2) +$$

$$+ m_3 l_{13} \dot{\phi}_3 [0.5\dot{\phi}_3 l_{13} + \dot{x}_1 \cos \phi_3 + \dot{y}_1 \sin \phi_3] + \quad (1)$$

$$+ m_2 l_{12} \dot{\phi}_1 [0.5l_{12} \dot{\phi}_1 - \dot{x}_1 \cos \phi_1 - \dot{y}_1 \sin \phi_1],$$

где: $m_0 = m_1 + m_2 + m_3 + m_4$ – общая масса движимых частей привода,
 m_1 - масса приводного вала,
 m_2 - масса рабочего контейнера,
 m_3 - масса платформы,

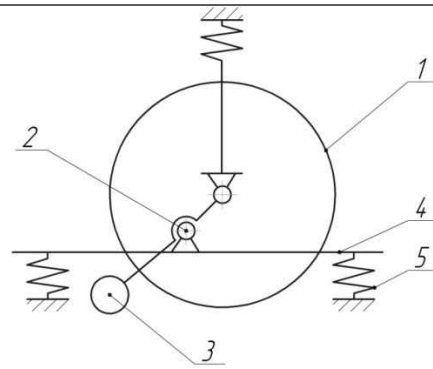


Рис.3. Схема комбинированного вибропривода:

1 - исполнительный элемент, 2 - приводной вал, 3 - противовес, 4 - платформа, 5 - упругие элементы

Fig. 3. The scheme combine dshakers: 1 - actuator 2 - driveshaft, 3 - counterweight 4 - platform, 5 – elastic elements

m_4 - масса противовеса,

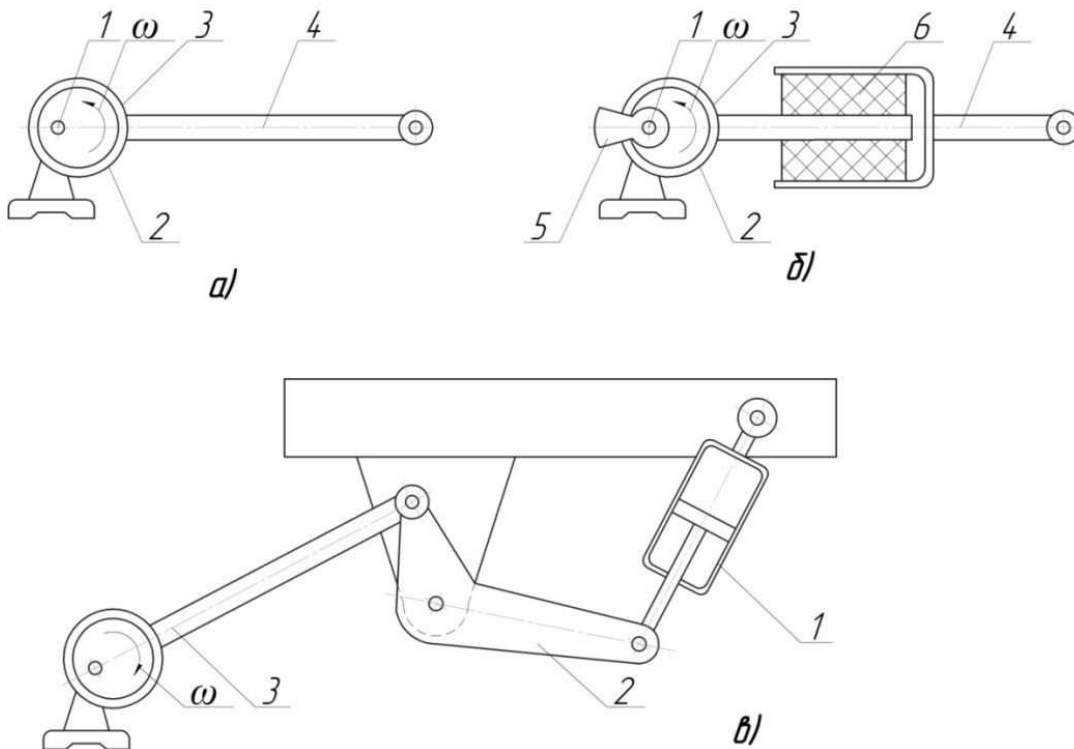


Рис.2. Принципиальные схемы кинематических вибровозбудителей:

а) принудительный вибровозбудитель с жестким шатуном: 1 - приводной вал, 2 - эксцентрик 3 - хомут, 4 - шатун б) кинематический вибровозбудитель с упругим шатуном: 1 - вал, 2 - эксцентрик 3 - хомут, 4 - шатун, 5 - противовес, 6 - упругий элемент в) кинематический вибровозбудитель с упругим демпфером: 1 - демпфер, 2 - коромысло-балансир, 3 - шатун

Fig. 2. Schematic diagrams of the kinematic exciters:

а) Forced vibration exciter with a rigid rod: 1 – drives haft, 2 - eccentric 3 - clamp, 4 - Crank б) the kinematic exciter with an elastic rod: 1 - shaft, 2 - eccentric 3 - clamp, 4 - rod, 5 – counter weight, 6 – elastic member в) kinematic exciter with an elastic damper: 1 - damper 2 - rocker-rocker, 3 - rod

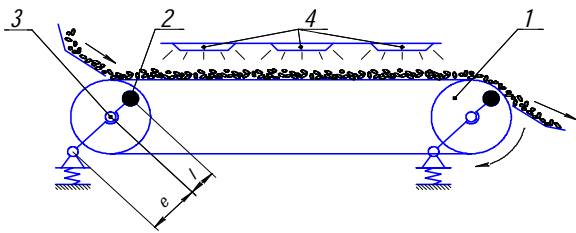


Рис. 4. Схема вибрационной конвейерной установки для сушки: 1 - приводной каток, 2 - противовес 3 - натяжной каток, 4 - инфракрасные облучатели, e - эксцентриситет привода; l - ордината центра масс

Fig. 4. The scheme vibratory conveyor system for drying: 1 – drive roller, 2 - 3 counter weight - a tension roller, 4 – infrared illuminators, e – eccentricity of the drive; l – ordinate of the center of mass

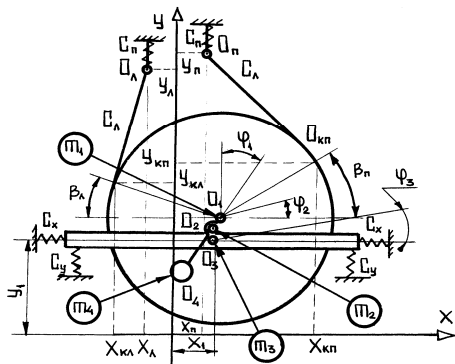


Рис. 5. Расчетная схема технологической машины с гибким транспортирующим органом и комбинированным механическим вибровозбуждением:

$m_0 = m_1 + m_2 + m_3 + m_4$ - общая масса движимых частей привода; m_1 - масса приводного вала; m_2 - масса рабочего контейнера; m_3 - масса платформы; m_4 - масса противовеса; φ_1 - угол поворота приводного вала; φ_2 - угол поворота дисков контейнера; φ_3 - угол поворота контейнера; x_1, y_1 - соответственно смещение центра масс катка относительно осей OX та OY

Fig. 5. Design scheme of the technological machine with flexible conveyor body and combined mechanical vibroexcitation:

$m_0 = m_1 + m_2 + m_3 + m_4$ - total mass of the movable part of the drive; m_1 - weight of the drive shaft; m_2 - mass of the working container; m_3 - mass of the platform; m_4 - counter weight; φ_1 - angle of rotation of the drive shaft; φ_2 - angle drives the container; φ_3 - the container rotation; x_1, y_1 - respectively displacement of the center of mass relative to the roller axis OX is the OY

Далее определяются зависимости обобщенных сил колебательной системы (рис. 6) по каждой из ступеней свободы: углов поворота приводного вала φ_1 , дисков контейнера φ_2 и платформы φ_3 ; смещение центра m_1 относительно осей координат X_1 та Y_1 .

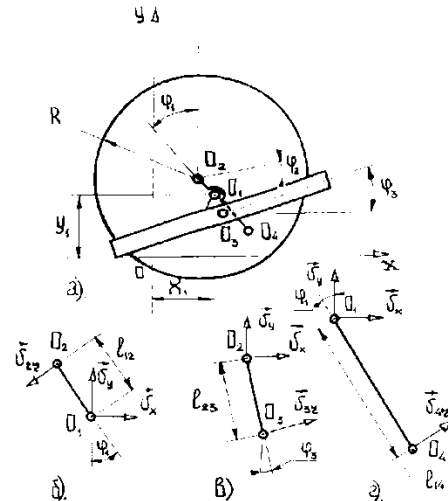


Рис. 6. Расчетные схемы для определения кинематических характеристик комбинированного вибропривода исследуемой машины:

- а) общая схема; б) схема звена O_1O_2 ;
 - в) схема звена O_2O_3 ; г) схема звена O_1O_4
- Fig. 6. Payment schemes for the determination of the kinematic characteristics of the combined study vibroprivody machine:
- a) general scheme; b) the scheme link O_1O_2
 - c) the scheme link O_2O_3 ; d) scheme link O_1O_4

Используя расчетные схемы обобщающих сил системы (рис. 7), получаем необходимые зависимости, подставляем в уравнение Лагранжа и после определенных преобразований составляем математическую модель процесса (2):

$$\begin{cases} \ddot{X}_1 + \alpha_x \dot{X}_1 + K_x^2 X_1 = m_0^{-1} \left[(m_2 l_{12} - m_4 l_{14}) (\ddot{\varphi}_1 \cos \varphi_1 - \dot{\varphi}_1^2 \sin \varphi_1) - \right. \\ \left. - m_3 l_{13} (\ddot{\varphi}_3 \cos \varphi_3 - \dot{\varphi}_3^2 \sin \varphi_3) + T_{II} \sin \beta_{II} - T_{II} \sin \beta_{II} \right]; \\ \ddot{Y}_1 + \alpha_y \dot{Y}_1 + K_y^2 Y_1 = m_0^{-1} \left[(m_2 l_{12} - m_4 l_{14}) (\ddot{\varphi}_1 \sin \varphi_1 + \dot{\varphi}_1^2 \cos \varphi_1) - \right. \\ \left. - m_3 l_{13} (\ddot{\varphi}_3 \sin \varphi_3 + \dot{\varphi}_3^2 \cos \varphi_3) + T_{II} \cos \beta_{II} + T_{II} \cos \beta_{II} - P_0 \right]; \\ \ddot{\varphi}_1 = (m_2 l_{12}^2 + m_4 l_{14}^2)^{-1} \left[(m_1 l_{12} - m_4 l_{14}) (\ddot{X}_1 \cos \varphi_1 + \ddot{Y}_1 \sin \varphi_1) + \right. \\ \left. + (P_2 l_{12} - P_4 l_{14}) \sin \varphi + M_K - l_{12} (T_{II} \sin (\varphi_1 + \beta_{II}) + T_{II} \sin (\varphi_1 - \beta_{II})) \right]; \\ \varphi_2 = J_2^{-1} R (T_{II} - T_{II}); \\ \ddot{\varphi}_3 + C_\varphi (I_{13}^2 m_3)^{-1} \varphi_3 = -I_{13}^{-1} [\ddot{X}_1 \cos \varphi_3 + \ddot{Y}_1 \sin \varphi_3 - g \sin \varphi_3] \end{cases} \quad (2)$$

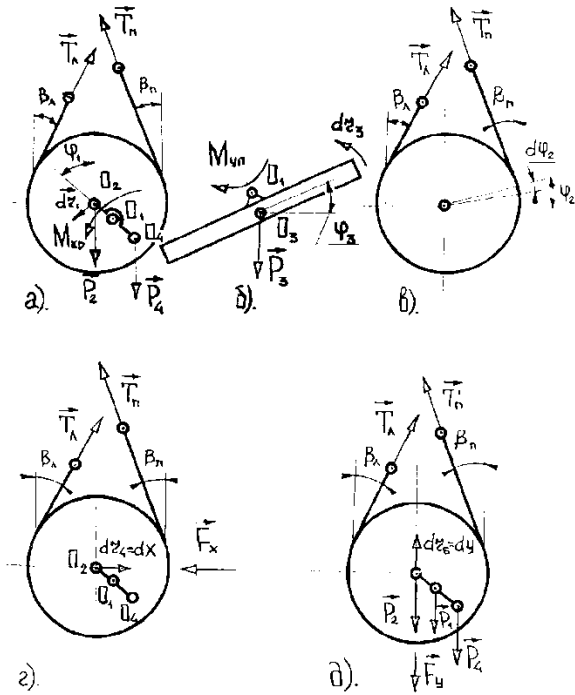


Рис. 7. Расчетные схемы для определения обобщенных сил комбинированного вибропривода исследуемой машины:

- а) при вращении приводного вала б) при вращении платформы в) при вращении боковых дисков г) при горизонтальном перемещении приводного вала д) при вертикальном перемещении приводного вала

Fig. 7. Payment schemes for the determination of the generalized forces combined vibroprivody investigated the machine:

- a) when the drive shaft b) rotating platform) for rotating lateral discs g) for horizontal movement of a drive shaft) with vertical movement of the drive shaft

С помощью рассмотренных выше предположений и расчетных методик уравнения (2) можно представить в виде:

$$\ddot{X}_1 + \alpha_X \dot{X}_1 K_X^2 X_1 = A_4 \sin \omega_1 t, \quad (3)$$

где: $A_4 = m_0^{-1} (m_2 l_{12} - m_4 l_{14}) \omega_1^2$,

Решение уравнения (4.7) тогда принимает вид:

$$X_1 = e^{-0.5\alpha_X t} [C_5 \cos \rho_1 t + C_6 \sin \rho_1 t] - \frac{A_4 [\sin \omega_1 t (\omega_1^2 - K_X^2) + \alpha_X \omega_1 \cos \omega_1 t]}{(\omega_1^2 - K_X^2)^2 + \alpha_X^2 \omega_1^2},$$

где: C_5, C_6 – постоянные интегрирования.

Аналогично уравнения представляют в виде: $\ddot{Y}_1 + \alpha_Y \dot{Y}_1 + K_Y^2 Y_1 = A_6 \cos \omega_1 t - A_7$; (4)

де $A_6 = A_4 - 2m_0^{-1} C_{пр} Y_{п12} \cos \beta (X_{п1}^2 + Y_{п1}^2 - R^2)^{1/2}$,

$$A_7 = m_0^{-1} (P_0 - C_Y \delta_{СТ}),$$

Для установленного режима уравнения движения точек приводного вала комбинированного вибровозбудителя:

$$X_1 = A_4 \omega_{прX}^{-1} [(K_X^2 - \omega_1^2) \sin \omega_1 t - \alpha_X \omega_1 \cos \omega_1 t], \quad (5)$$

$$Y_1 = A_4 \omega_{прY}^{-1} [(K_Y^2 - \omega_1^2) \sin \omega_1 t - \alpha_Y \omega_1 \cos \omega_1 t], \quad (6)$$

Аналогично предыдущей расчетной методике представляют уравнения (5), (6) в виде:

$$X_1 = A_{пX1} \sin(\omega_1 t + \phi_X), \quad (7)$$

$$Y_1 = A_{пY1} \sin(\omega_1 t + \phi_Y), \quad (8)$$

Тогда составляющие амплитуды колебаний точек приводного вала комбинированного вибропривода:

$$A_{пX1} = \omega_{прX}^{-2} A_4; \quad A_{пY1} = \omega_{прY}^{-2} A_6,$$

$$A_{п1} = \sqrt{A_4^2 \omega_{прX}^{-4} + A_6^2 \omega_{прY}^{-4}} \quad (9)$$

Вследствие жесткого кинематической связи между приводным валом и контейнером комбинированного вибровозбудителя уравнения движения точек контейнера приобретают вид:

$$X_{K1} = [-\omega_{прX}^{-2} A_4 (\omega_1^2 - K_X^2) + I_{12}] \sin \omega_1 t - \quad (10)$$

$$-A_4 \omega_{прX}^{-2} \omega_1 \alpha_X \cos \omega_1 t,$$

$$Y_{K1} = [-\omega_{прY}^{-2} A_6 (\omega_1^2 - K_Y^2) + I_{12}] \sin \omega_1 t - \quad (11)$$

$$-A_6 \omega_{прY}^{-2} \omega_1 \alpha_Y \cos \omega_1 t$$

С помощью рассмотренной выше расчетной методике превращают уравнения (10), (11):

$$X_{K1} = A_{KX1} \sin(\omega_1 t + \phi_{X1}), \quad (12)$$

где аргумент:

$$\phi_{X1} = \arctg \left[\frac{A_4 \omega_1 \alpha_X}{A_4 (\omega_1^2 - K_X^2) - I_{12} [(\omega_1^2 - K_X^2)^2 + \alpha_X^2 \omega_1^2]} \right],$$

$$Y_{K1} = A_{KY1} \cos(\omega_1 t - \phi_{Y1}), \quad (13)$$

где:

$$\phi_{Y1} = \arctg \left[\frac{A_6 \omega_1 \alpha_Y}{A_6 (\omega_1^2 - K_Y^2) - I_{12} [(\omega_1^2 - K_Y^2)^2 + \alpha_Y^2 \omega_1^2]} \right].$$

$$A_{KX_1} = \sqrt{I_{12}^2 + A_4 \omega_{\text{пр.}Y}^{-4} \left[A_4 - 2I_{12}^2 (\omega_1^2 - K_X^2) \right]}, \quad (14)$$

$$A_{KY_1} = \sqrt{I_{12}^2 + A_6 \omega_{\text{пр.}Y}^{-4} \left[A_6 - 2I_{12}^2 (\omega_1^2 - K_Y^2) \right]}, \quad (15)$$

Составляющие амплитудно-частотных характеристик выражаются численными значениями и с помощью составленной программы ЭВМ представляются графическим способом (рис. 8).

Анализ полученных кривых показывает, что:

- Минимальная частота вращения приводного вала, соответствующей установленному режиму работы вибромашины, равна $80 \dots 90 \text{ с}^{-1}$.

- Для установленного режима работы конвейерной машины схема с комбинированным вибровозбуждением позволяет снизить амплитуду колебаний приводного вала почти в 3 раза по сравнению с силовой схемой.

- Для установленного режима при равенстве силовых параметров вибрации в случае комбинированного вибровозбуждения амплитуда колебаний контейнера в 2 раза превышает подобный параметр динамического вибропривода:

Для комбинированного кинематического вибропривода плоских колебаний выражения указанных параметров имеют вид:

-абсолютная амплитуда колебаний:

$$A = \sqrt{2\ell_{12}^2 + \frac{B_1(B_1 - 2\ell_{12}(\omega_1^2 - k_x^2))}{(\omega_1^2 - k_x^2)^2 + \alpha_x^2 \omega_1^2} + \frac{(B_1 - C_0)(B_1 - C_0 - 2\ell_{12}(\omega_1^2 - k_y^2))}{(\omega_1^2 - k_y^2)^2 + \alpha_y^2 \omega_1^2}},$$

$$B_1 = A_4 \cdot \omega_1^2 \quad (16)$$

-мощность привода машины:

$$N_{\text{пр}} = m_1 \ell_{12} \omega_1^3 \eta_{\text{пр}}^{-1} \quad (17)$$

$$\left[0,5d_1 \mu + m_1 \ell_{12} \omega_1^2 \cdot m_0 \sqrt{\frac{(\alpha_x^2 - k_x^2) \cos \alpha_x \omega_1 t - \alpha_x \omega_1 \sin \alpha_x \omega_1 t}{(\omega_1^2 - k_x^2)^2 + \alpha_x^2 \omega_1^2}} + \sqrt{\frac{(\alpha_y^2 - k_y^2) \sin \alpha_y \omega_1 t + \alpha_y \omega_1 \cos \alpha_y \omega_1 t}{(\omega_1^2 - k_y^2)^2 + \alpha_y^2 \omega_1^2}} \right]$$

-нагрузки на опорные узлы приводного вала:

$$F_{n,x,p} = m_1 \ell_{12} \omega_1^4 \sqrt{\left[\frac{(k_x^2 - \omega_1^2) \sin \omega_1 t - \alpha_x \omega_1 \cos \omega_1 t}{(\omega_1^2 - k_x^2)^2 + \alpha_x^2 \omega_1^2} \right]^2 + \left[\frac{(\omega_1^2 - k_y^2) \cos \omega_1 t - \alpha_y \omega_1 \sin \omega_1 t}{(\omega_1^2 - k_y^2)^2 + \alpha_y^2 \omega_1^2} \right]^2}, \quad (18)$$

-энергия движения колеблющихся масс вибропривода:

$$E_{\text{кин}} = 0,5 m_0^{-1} m_1^2 \ell_{12}^2 \omega_1^6 \quad *$$

$$\left[\left[\frac{(\omega_1^2 - k_x^2) \cos \omega_1 t - \alpha_x \omega_1 \sin \omega_1 t}{(\omega_1^2 - k_x^2)^2 + \alpha_x^2 \omega_1^2} \right]^2 + \left[\frac{(\omega_1^2 - k_y^2) \sin \omega_1 t - \alpha_y \omega_1 \cos \omega_1 t}{(\omega_1^2 - k_y^2)^2 + \alpha_y^2 \omega_1^2} \right]^2 \right], \quad (19)$$

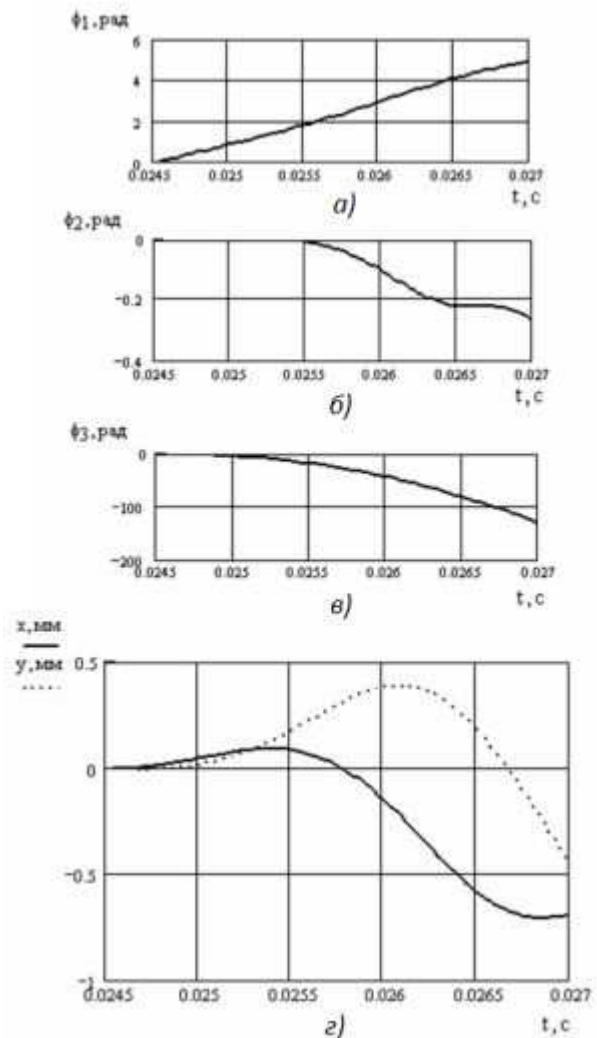


Рис.8.Траектории движения исполнительных органов машины с гибким контейнером и кинематической комбинированным виброприводом плоских колебаний:

а - для углового перемещения приводного вала ϕ_1 , б - для углового перемещения бокового диска рабочего контейнера ϕ_2 ; в - для углового перемещения платформы ϕ_3 ; г - для линейного перемещения приводного вала x, y

Fig. 8. The trajectories of the executive bodies of the machine with a flexible container and kinematic combined vibroprivody plane vibrations:

a - for the angular movement of the drive shaft ϕ_1 ; b - for angular movement of the disc side of the working container ϕ_2 ; c - for angular movement of the platform ϕ_3 ; d - for linear movement of the drive shaft of x and y

Анализ теоретических и экспериментальных исследований показал, что при одинаковых возмущающих усилиях комби-

нированный привод с уравниванием стационарных масс развивает амплитуду колебаний большую как для динамического вибровозбудителя. Это позволяет при меньших энергозатратах добиться повышения производительности при использовании данного привода.

Совпадение динамической и статической осей в комбинированном виброприводе с уравниванием стационарных масс позволяет снизить амплитуду колебаний приводного вала по сравнению с дебалансным вибровозбудителем в 5-9 раз, что обеспечивает возможность улучшения условий работы и повышения срока службы опорных узлов.

При одинаковой возмущающей силе мощность ее для динамического привода оказалась ниже на 31,7%, чем для комбинированного привода с статической балансировкой и на 53,5% [5] ниже, чем для подобного привода без уравнивания стационарных масс свидетельствует о меньшем потреблении энергии на единицу возмущающей силы при дебалансном вибровозбуждении. В то же время, при одинаковой амплитуде колебаний контейнера мощность возмущающей силы комбинированного привода с статической балансировкой оказалась в 1,5 раза ниже, чем для дебалансного вибропривода, а мощность привода - в 1,8 раза ниже, что отражает лучшую динамичность предлагаемого вибровозбудителя.

Конструктивное исполнение данного комбинированного привода, сочетающее кинематическое вибровозбуждение с наличием упругой системы опорных узлов и системы уравнивания стационарных масс; проведенные экспериментальные и теоретические исследования обуславливают перспективность использования данного механического вибропривода не только в исследуемой конвейерной вибромашине, но и в ряде известных вибрационных машин, особенно при центральном расположении источника вибрации.

Геометрические и силовые характеристики для математических моделей изучаемых вариантов представлены на рис. 9.

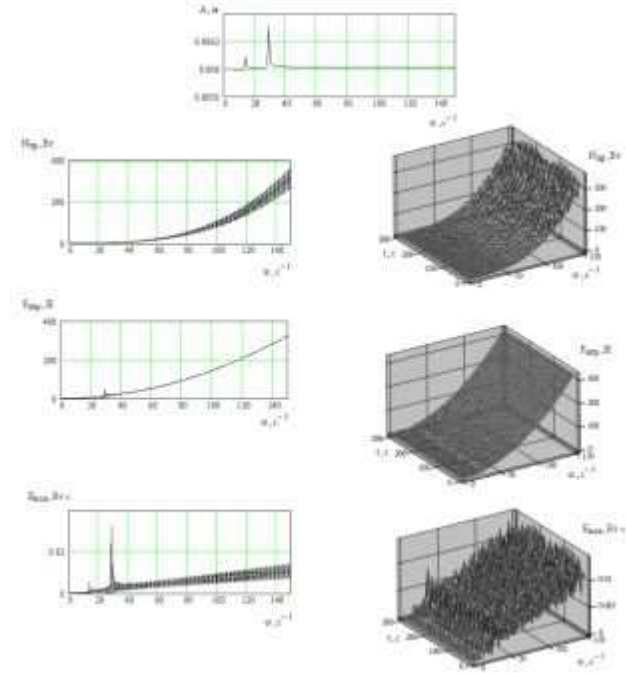


Рис.9. Амплитудно-частотные ($f = A(\omega)$), силовые ($f = F_{\text{нзр}}(\omega, t)$) та энергетические ($f = N_{\text{пр}}(\omega, t)$, $E_{\text{кол}}(\omega, t)$) характеристики комбинированного кинематического вибропривода машины с гибким контейнером.

A – амплитуда колебаний рабочего контейнера; $N_{\text{пр}}$ – мощность привода; $F_{\text{нзр}}$ – неуравновешенные усилия, которые нагружают опорные узлы; $E_{\text{кол}}$ – энергия колебательных масс.

Fig. 9. The amplitude-frequency ($f = A(\omega)$), power ($f = F_{\text{нзр}}(\omega, t)$) is the energy ($f = N_{\text{пр}}(\omega, t)$, $E_{\text{кол}}(\omega, t)$) of the kinematic characteristics of the combined vibratory drive cars with a flexible container.

A – the amplitude of the fluctuations of the working container; $N_{\text{пр}}$ - drivepower; $F_{\text{нзр}}$ – unbalanced forces that stress the bearings; $E_{\text{кол}}$ – vibrational energy of the masses

ВЫВОДЫ

1. Анализ механических схем вибровозбуждения в технологических системах обнаружил перспективы применения кинематических виброприводов, имеющих потенциал уменьшения энергозатрат и динамических нагрузок на опорные узлы.

2. Исследование динамики виброконвейерной системы с комбинированным кинематическим способом генерации колебаний позволило определить зависимости для ее кинематических, силовых и энергетических характеристик.

3. Графическое представление амплитудно-силовых и энергетических зависимостей позволило обосновать теоретический диапазон рабочих режимов исследуемой вибрационной транспортно-технологической машины.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Bernik P.S., Velichko L.L., Palamarchuk I.P. 1994. Analiticheskoye issledovaniye kombinirovannogo sposoba vzbuzhdeniya kolebaniy // *Materialy II mezhdunar. NTK "Primeneniye kolebaniy v tekhnologiyakh. Rascheti proyektirovaniya mashin dlya realizatsii tekhnologiy."* - Vinnitsa: VGSKHA, - 13-14.
2. Bernik P.S., Palamarchuk I.P. 1996. Konveyernyye vibratsionnyye mashiny dlya otdelochno-uprochnyayushchey obrabotki. - M.: Vysshaya shkola, - 237.
3. Bernik P.S., Sreda L.P., Palamarchuk I.P. 1995. Vyor ratsional'noy skhemy mekhanicheskogo vibrovozбудitelya dlya konveyernoy vibratsionnoy mashiny s elastichnoy napravlyayushchey // *Vibratsiya v tekhnike I tekhnologiyakh.* - № 2. 15-20.
4. Goncharevich I.F. 1989. Na grebne volny: sposoby peremeshcheniya v prirode I tekhnike. - M.: Nauka, - 225.
5. Palamarchuk I.P. 2008. Nauchno-tekhnicheskiye osnovy razrabotki energosberegayushchikh vibromashin mekhanicheskogo vozdeystviya pishchevykh i pererabatyvayushchikh proizvodstv // *Dissertatsiya na soiskaniye uchenoy stepeni d.t.n.* - Kiyev: NUKHT, - 479.
6. Palamarchuk I.P. 2006. Tendentsii razvitiya konstruktivnykh I tekhnologicheskikh skhem vibratsionnykh mashin dlya realizatsii mekhanicheskikh protsessov pererabotki sel'skokhozyaystvennoy produktsii // *Vibratsii v tekhnike I tekhnologiyakh, № 1 (43).* - 160 - 167.
7. Sreda L.P., Palamarchuk I.P., Bandura V.N. 1998. Osobennosti protsessa vibrozaniya I mashin dlya yego realizatsii // *Vibratsiya v tekhnike i tekhnologiyakh.* - № 2 (6). - 59-65.
8. Sreda L.P., Palamarchuk I.P., Velichko L.D. 1996. Vliyaniye geometrii podveski na dinamiku konveyernoy vibratsionnoy mashiny s elastichnoy napravlyayushchey // *Vibratsiya v tekhnike i tekhnologiyakh, № 1 (3).* - 10 -13.
9. Sreda L.P., Palamarchuk I.P., Romanov A.N. 1996. Analiz privodnykh mekhanizmov sel'skokhozyaystvennoy tekhniki // *Materialy mezhdunarodnoy NTK «Problemy I perspektivy sozdaniya sveklouborochnoy tekhniki».* -Kiyev, Vinnitsa, - 120-122.
10. Serdyuk L.I. 1994. Metodika rascheta vibratsionnykh stankov. – Poltavskiy sel'skokhozyaystvennyy institut, - 34.
11. Spivakovskiy A.O., Goncharevich I.F. 1972. Vibratsionnyye konveyery, pitateli I vspomogatel'nyye ustroystva. - M.: Mashinostroyeniye, - 245.
12. Spivakovskiy A.O., Goncharevich I.F. 1983. Vibratsionnyye mashiny. - M.: Nauka, - 288.
13. Strutinskiy V.B. 2001. Matematicheskoye modelirovaniye protsessov i sistem mekhaniki. - M.: Finansy, - 612.
14. Stabnikov V.N., Lysyanskiy V.M., Popov V.D. 1985. Protsessy I apparaty pishchevykh proizvodstv. - M.: Agropromizdat, 503.
15. Franchuk V.P., Tarasenko A.A., Korolev P.P. 1970. K voprosu ucheta massy tekhnologicheskoy zagruzki vibratsionnoy mel'nitsy. - Vsb. nauchnykh trudov: Problemy vibratsionnoy tekhniki. -K.: Naukova dumka, - 193-197.
16. Franchuk V.P., Chervonenko A.G., Tarasenko A.A., Korolev P.P. 1970. Energeticheskaya I silovaya otsenka razlichnykh tipov privodov vibratsionnykh mel'nits. - Vsb. nauchnykh trudov: Problemy vibratsionnoy tekhniki. - K.: Naukova dumka, - 202-210.
17. Khaylis G.A. 1994. Mekhanika rastitel'nykh materialov. -K.: UAAN, - 332.
18. Chlenov V.A., Mikhaylov N.V. 1972. Vibrokipyashchiy sloy. -M.: Nauka, - 343.
19. Abramek K. F. 2005. Wpływ prędkości obrotowej na właściwości rozruchowe silników z zapłonem samoczynnym. // *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 8, 5-11.*
20. Buczaj M., Sumorek A. 2007. Simulation of motor vehicles instrument panels in labview environment. // *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 7, 51-58.*

**ANALYSIS OF THE DYNAMICS OF VI-
BROCONVEYOR TECHNOLOGICAL
SYSTEM WITH COMBINED KINEMATIC
VIBROEXCITATION**

Summary. Transport-technological machines by combining several operations in one production cycle, ensuring continuity of treatment and adherence to ease production lines become high de The major challenges are reducing the dynamic loads on the supporting units and balancing system. In motion, kinematic drive, vibratory conveyor, infrared dryingmand in the fields of agri-

culture.

The use of vibrating conveyor machines adds to the aforementioned qualities of potential technological intensification of heat and mass transfer through the surface, which is quite important in the processing and foodscientific work to solve this problem is proposed kinematic scheme combined vibrational excitation, the analysis of the dynamics of motion executive system and theoretical basis of operational parameters vibration.

Key words: vibrationexciter, dynamics of industries

СОДЕРЖАНИЕ

Владимир Степований, Игорь Флыс. РЕСУРСЫ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ КОМПЛЕКСНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ РАПСА НА БИОДИЗЕЛЬ	3
Максим Мельничук, Валерий Дубровин, Геннадий Голуб, Виктор Теслюк, Виктор Барановский. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОЛУЧЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ ГРИБНЫХ ПОЛИСАХАРИДОВ В ОРГАНИЧЕСКОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ	8
Вячеслав Ловейкин, Любовь Дяченко. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВИБРОПЛУГА С ГИДРАВЛИЧЕСКИМИ ВИБРАТОРАМИ	15
Владимир Макаев, Владимир Василюк. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВА ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА.....	23
Роман Обертюх, Андрей Слабкий. ДИНАМИЧЕСКАЯ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛИ ГИДРОИМПУЛЬСНОГО ВИБРОУДАРНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ РАДИАЛЬНОГО ВИБРОТОЧЕНИЯ С ВСТРОЕННЫМ ШАРОВЫМ ГЕНЕРАТОРОМ ИМПУЛЬСОВ ДАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ТИПА	29
Иван Радько. РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЧЕСКИ-БЕЗОПАСНЫХ КОНТАКТ-ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ.....	43
Черных Татьяна. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЕМОНТОПРИГОДНОСТИ АГРЕГАТОВ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ТРАНСМИССИЙ МОБИЛЬНЫХ МАШИН В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ	48
Василий Курило, Александр Ганженко, Людмила Герасименко. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ САХАРНОГО СОРГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРОКОВ СЕВА И ГЛУБИНЫ ЗАДЕЛКИ СЕМЯН.....	55
Елена Золотовская, Александр Миронов. ТЕХНОЛОГИЯ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕГО НАКОПЛЕНИЯ ВЛАГИ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ	62
Савелий Кухарец, Геннадий Голуб, Семен Драгнев. ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОТОПЛИВ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ	69
Андрей Гунько. ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РАБОТЫ ПРИВОДА ДООЧИСТИТЕЛЯ БОТВЫ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОМПОНОВКИ ПРИВОДА.....	76
Mykhailo Humentyk, Vladimir Kwak, Olexander Zamoyski, Bogdan Radejko. BIOMASS PRODUCTIVITY OF MISCANTHUS DEPENDING ON THE QUALITY OF PLANTING MATERIAL AND GROWING CONDITIONS IN THE WESTERN FOREST-STEPPE REGION OF UKRAINE	84
Иван Севостьянов, Ярослав Иванчук. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ПОТОКОВОГО ВИБРОУДАРНОГО ФИЛЬТРОВАНИЯ ВЛАЖНЫХ ДИСПЕРСНЫХ СРЕД В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	90
Георгий Черевко, Олег Крупич, Роман Крупич. РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА УКРАИНЫ	97
Тарас Михальчук. СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЯЗКОСТИ СУБСТРАТА, КОТОРЫЙ ФОРМИРУЕТСЯ ИЗ БИООТХОДОВ В ЧАСТНЫХ КРЕСТЬЯНСКИХ ХОЗЯЙСТВАХ	107
Наталья Цивенкова, Анна Голубенко, Савелий Кухарец, Владислав Шубенко ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ КАМЕРЫ ГАЗИФИКАЦИИ ГАЗ-ГЕНЕРАТОРА НА СЫРЬЕ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ.....	112
Ольга Лыса, Богдан Стадник. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ	120

ПРОДУКЦИИ	
Василь Липчук, Людмила Гнатышин. УРОВЕНЬ МЕХАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВАХ В КОНТЕКСТЕ УРАВНОВЕШЕННОГО РАЗВИТИЯ	126
Сергей Коробка. ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ КОН- ВЕКТИВНОЙ ГЕЛИОСУШИЛКИ ФРУКТОВ.....	134
Volodymyr Didukh, Ruslan Kirchuk, Andriy Yashuk. MODELING OF MOTION OF MATHERIAL ON THE SURFACE OF SPIRAL ACTIVATOR IN BULK MATERIALS DRYER.....	140
Александр Сидорчук, Анатолий Тригуба, Александр Маланчук. ОЦЕНКА ЦЕННОСТЕЙ СЕРВИСНЫХ ПРОГРАММ АГРАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	147
Игорь Болбот. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЛИЯНИЯ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА НА РАЗВИТИЕ И УРОЖАЙНОСТЬ ТОМАТОВ В СИСТЕМЕ РАСТЕНИЕ-ПОЧВА-ВОЗДУХ.....	153
Владимир Галанец. РАЗВИТИЕ АГРАРНОЙ ПОЛИТИКИ В УКРАИНЕ В УСЛОВИЯХ ЭКОНОМИЧЕСКОГО КРИЗИСА.....	159
Роман Кузьминский. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОГРАММ РЕМОНТА МАШИН, ИХ УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕСИММЕТРИЧЕСКИХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ.....	167
Вячеслав Чуба, Геннадий Голуб. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ Д-65Н НА ДИЗЕЛЬНОМ БИОТОПЛИВЕ.....	172
Александр Сидорчук, Игорь Ивасюк, Владимир Украинец, Павел Луб. СОГЛАСОВАНИЕ СОСТАВЛЯЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ПОСЕВА ОЗИМЫХ КУЛЬТУР.....	180
Христина Василив, Василий Вынар, Надежда Рацька, Петр Панасюк. ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ОКСИДИРОВАНИЯ НА МИКРОМЕХАНИЧЕСКИЕ И ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВА СИСТЕМЫ Nb-Ti-Al.....	186
Василий Дмитрив, Игорь Дмитрив. МОДЕЛИРОВАНИЕ ВРЕМЕНИ ИСТЕЧЕНИЯ ВОЗДУХА ИЗ ОГРАНИЧЕННОГО ПРОСТРАНСТВА.....	193
Сергей Пилипака, Андрей Несвидомин, Татьяна Захарова. ФОРМА ОСИ ГИБКОЙ НЕСЖИМАЕМОЙ ПОЛОСЫ ПРИ ЕЕ ТОЛКАНИИ ПО НАКЛОННОЙ ШЕРОХОВАТОЙ ПЛОСКОСТИ С ПОСТОЯННОЙ СКОРОСТЬЮ.....	198
Андрей Яцун. МОЩНОСТЬ ПОТРЕБЛЕНИЯ И ФАЗОВЫЙ СДВИГ МЕЖДУ НАПРЯЖЕНИЕМ И ТОКОМ НАКЛАДНОГО КОЛЬЦЕВОГО ЭКРАНИРОВАННОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НАД ПРОВОДЯЩЕЙ ПЛАСТИНОЙ.....	206
Паламарчук Игорь, Зозуляк Оксана, Герасимов Олександр. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СУШКИ СЫПУЧЕГО СЫРЬЯ В КОНВЕКТИВНО-ФИЛЬТРАЦИОННОЙ ВИБРОЦЕНТРОБЕЖНОЙ МАШИНЕ.....	212
Елена Солоня, Владимир Любин. ТРИМАССНАЯ ВИБРАЦИОННАЯ МЕЛЬНИЦА С ЧЕТЫРЬМА ВИБРОВОЗБУДИТЕЛЯМИ.....	219
Владимир Дидух, Николай Полищук. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ САПРОПЕЛЯ.....	225
Анатолий Бойко, Александр Бондаренко, Василий Савченко. ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОСТОЯНИЙ И ПЕРЕХОДОВ В ВОЗМОЖНЫЕ СОСТОЯНИЯ АКТИВНО РЕЗЕРВИРУЕМОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ.....	231
Александр Сидорчук, Владимир Бондаренко. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОГРАММАМИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ПОЖАРОТУШЕНИЯ СЕЛЬСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ.....	236
Дмитрий Кузенко, Степан Левко. СИНТЕЗ КРИВОЛИНЕЙНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ФОРМОВОЧНОЙ ГОЛОВКИ ПРЕССА РАСТИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	244

Василий Лопушняк, Галина Грицуляк. ПРОДУКТИВНОСТЬ ИВЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПРИ РАЗНЫХ НОРМАХ ВНЕСЕНИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ ПРИКАРПАТЬЯ.....	249
Ирина Гунько, Юрий Добранюк. ОЦЕНКА ДЕФОРМИРУЕМОСТИ ЗАГОТОВОК В ПРОЦЕССЕ ВАЛЬЦОВКИ.....	254
Богдан Бильк, Николай Борис, Сергей Мохов, Василий Симанович. ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ КОЛЕСНОГО ТРЕЛЕВОЧНОГО ТРАКТОРА.....	262
Роман Гевко, Алексей Токарчук. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ СЫПУЧЕГО МАТЕРИАЛА С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ЧАСТИЧНОГО ПЕРЕМЕШИВАНИЯ НА ВЕРТИКАЛЬНОМ УЧАСТКЕ ТРУБЧАТОГО КОНВЕЙЕРА.....	270
Виктор Пришляк. ПРОБЛЕМЫ ПОСЕВА БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КУЛЬТУР НА СКЛОНОВЫХ ЗЕМЛЯХ И ПРИРОДООХРАННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ	278
Наталья Толстушко. ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ РУЛОНА В УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ ПРЕССОВАЛЬНОЙ КАМЕРЕ ПРЕСС-ПОДБОРЩИКА	286
Виталий Боярчук, Владимир Чучман, Андрей Татомир. ОСОБЕННОСТИ МЕХАНИКО - ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СОЛОМЫ РАПСА ВО ВРЕМЯ ПРЕССОВАНИЯ	292
Владимир Галанец. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РЫНКА БИОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА В УКРАИНЕ	297
Александр Олифер, Игорь Флыс. ФАКТОРЫ УПРАВЛЕНИЯ СТОИМОСТЬЮ ПРОЕКТОВ ПО ОПТИМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТРУКТУР ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА	302
Василий Матейчик, Виктор Захарчук, Олег Захарчук. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСМИССИЕЙ И ГАЗОВЫМ ДВИГАТЕЛЕМ КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА В ТРАНСПОРТНОМ ПРОЦЕССЕ	309
Игорь Паламарчук, Валентина Бандура, Владислав Паламарчук. АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ВИБРОКОНВЕЙЕРНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С КИНЕМАТИЧЕСКИМ КОМБИНИРОВАННЫМ ВИБРОВОЗБУЖДЕНИЕМ.....	314

LIST OF THE REVIEWERS

Vladimir Krocko	Vasyl Dmytriv
Zdenko Tkac	Ivan Gorodetsky
Pavol Findura	Vladimir Zadorozhny
Lan Marecek	Oleg Mironyuk
Mitko Nikolov	Peter Korunyak
Plamen Kangelov	Rostislav Paslavsky
Andrzej Chochovski	Roman Shevchuk
Barbara Krisztofik	Zenoviy Goshko
Stepan Mjagkota	Rostislav Datsyuk
Yuriy Kovalchuk	Jaroslav Semen
Vasyl Tymochko	Jaroslav Zhynchyn
Vasyl Banga	

Editors of the „Motrol” magazine of the Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture would like to inform both the authors and readers that an agreement was signed with the Interdisciplinary Centre for Mathematical and Computational Modelling at the Warsaw University referred to as “ICM”. Therefore, ICM is the owner and operator of the IT system needed to conduct and support a digital scientific library accessible to users via the Internet called the “ICM Internet Platform”, which ensures the safety of development, storage and retrieval of published materials provided to users. ICM is obliged to put all the articles printed in the “Motrol” on the ICM Internet Platform. ICM develops metadata, which are then indexed in the “Agro” database.

Impact factor of the „Motrol” journal according to the Commission of Motorization and Energetics in Agriculture is 2,65 (September 2013)

GUIDELINES FOR AUTHORS (2013)

The journal publishes the original research papers. The papers (min. 8 pages) should not exceed 12 pages including tables and figures. Acceptance of papers for publication is based on two independent reviews commissioned by the Editor.

Authors are asked to transfer to the Publisher the copyright of their articles as well as written permissions for reproduction of figures and tables from unpublished or copyrighted materials.

Articles should be submitted electronically to the Editor and fulfill the following formal requirements:

- Clear and grammatically correct script in English,
- Format of popular Windows text editors (A4 size, 12 points Times New Roman font, single interline, left and right margin of 2,5 cm),
- Every page of the paper including the title page, text, references, tables and figures should be numbered
- SI units should be used

Please organize the script in the following order (without subtitles):

Title, Author(s) name (s), Affiliations, Full postal addresses, Corresponding author's e-mail

Abstract (up to 200 words), Keywords (up to 5 words), Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion (a combined Results and Discussion section can also be appropriate), Conclusions (numbered), References, Tables, Figures and their captions

Note that the following should be observed:

An informative and concise title; Abstract without any undefined abbreviations or unspecified references; No nomenclature (all explanations placed in the text); References cited by the numbered system (max 5 items in one place); Tables and figures (without frames) placed out of the text (after References) and figures additionally prepared in the graphical file format jpg or cdr.

Make sure that the tables do not exceed the printed area of the page. Number them according to their sequence in the text. References to all the tables must be in the text. Do not use vertical lines to separate columns. Capitalize the word 'table' when used with a number, e.g. (Table1).

Number the figures according to their sequence in the text. Identify them at the bottom of line drawings by their number and the name of the author. Special attention should be paid to the lettering of figures – the size of lettering must be big enough to allow reduction (even 10 times). Begin the description of figures with a capital letter and observe the following order, e.g. Time(s), Moisture (%), (m^3m^{-3}) or (gg^{-1}), Thermal conductivity ($\text{W m}^{-1}\text{K}^{-1}$).

Type the captions to all figures on a separate sheet at the end of the manuscript.

Give all the explanations in the figure caption. Drawn text in the figures should be kept to a minimum. Capitalize and abbreviate 'figure' when it is used with a number, e.g. (Fig. 1).

Colour figures will not be printed.

Make sure that the reference list contains about 30 items. It should be numbered serially and arranged alphabetically by the name of the first author and then others, e.g.

7. Kasaja O., Azarevich G. and Bannel A.N. 2009. Econometric Analysis of Banking Financial Results in Poland. Journal of Academy of Business and Economics (JABE), Vol. IV. Nr 1, 202–210.

References cited in the text should be given in parentheses and include a number e.g. [7].

Any item in the References list that is not in English, French or German should be marked, e.g. (in Italian), (in Polish).

Leave ample space around equations. Subscripts and superscripts have to be clear. Equations should be numbered serially on the right-hand side in parentheses. Capitalize and abbreviate 'equation' when it is used with a number, e.g. Eq. (1). Spell out when it begins a sentence. Symbols for physical quantities in formulae and in the text must be in italics. Algebraic symbols are printed in upright type.

Acknowledgements will be printed after a written permission is sent (by the regular post, on paper) from persons or heads of institutions mentioned by name.