

Polish Academy of Sciences
University of Engineering and Economics in Rzeszów
University of Life Sciences in Lublin
Faculty of Production Engineering

MOTROL

**COMMISSION OF MOTORIZATION AND ENERGETICS
IN AGRICULTURE**

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

Vol. 16, No 4

LUBLIN – RZESZÓW 2014

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, *Rostislav Bun*, Lviv

Editorial Board

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

All the articles are available on the webpage: <http://www.pan-ol.lublin.pl/wydawnictwa/Teka-Motrol.html>

All the scientific articles received positive evaluations by independent reviewers

Linguistic consultant: *Stepan Kovalyshyn*
Typeset: *Dmytro Kuzenko*, *Adam Niezbecki*
Cover design: *Hanna Krasowska-Kołodziej*
Photo on the cover: *Konstantin Dumenko*

© Copyright by Polish Academy of Sciences 2014
© Copyright by University of Engineering and Economics in Rzeszów 2014
© Copyright by University of Life Sciences in Lublin 2014
in co-operation with Lviv National Agrarian University in Dublany 2014

Editorial Office address

Polish Academy of Sciences Branch in Lublin
Pałac Czartoryskich, Plac Litewski 2, 20-080 Lublin, Poland
e-mail: eugeniusz.krasowski@up.lublin.pl

Printing

ISSN 1730-8658
Edition 60+16 vol.

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА БРИКЕТИРОВАНИЯ СОЛОМЫ В ПЕЛЕТЫ

Виталий Боярчук, Владимир Чучман

Львовский национальный аграрный университет, Украина

Witaliy Boyarchuk, Volodymyr Chuchman

Lviv National Agrarian University, Ukraine

Аннотация. В статье рассматривается процесс прессования соломы рапса, и влияние параметров времени, и давления на плотность полученных образцов. Представлена методика экспериментальных исследований механико–технологических свойств растительных материалов. Устойчивые зависимости между параметрами времени и давления, на плотность полученных образцов

Ключевые слова: биотопливо, прессование, механико – технологические свойства.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

На сегодняшний день при дефиците энергоресурсов, особенно актуальным становится вопрос замены традиционных, ископаемых видов топлива на альтернативные. Это обусловлено 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].

При выращивании рапса урожайность соломы составляет 6–10 т/га, [5] энергетическая ценность которой составляет 10 МДж/кг, поэтому довольно актуальным становится вопрос применения соломы как энергетического сырья. Для Украины технический, 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 компактном хранении в модифицированном виде. Одним из способов модификации соломы есть прессование. Вследствие прессования плотность материала повышается с 40–60 кг/м³ до 800 кг/ м³ и более. Однако, для достижения конечной плотности согласно требованиям стандартов [3], необходимо создать значительное усилие, которое, в свою очередь, приводит к большим энергопотерям. Поэтому, нами проведено 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

На сегодняшний день 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 при сжатии, однако данная модель не характеризует данный процесс в полном объеме. Кроме того процесс сжатия описывается довольно сложными уравнениями, которые содержат значительное количество эмпирических коэффициентов, определение которых достаточно сложное. [1]. В работах канадских ученых С. Мани, Л.Дж. Табила [3] приведены зависимости давления относительно плотности, однако не представлены аналитические уравнения, которые характеризуют процесс прессования. Как следует из анализа публикаций в предыдущих исследованиях в

полной мере отсутствуют результаты, которые бы позволили оптимизировать конструктивно-технологические параметры оборудования для прессования солоmistих материалов.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Разработать математическую модель изменения плотности растительных материалов в процессе сжатия и перехода упругих деформаций в пластические. Обосновать параметры прессовального канала.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА.

Структура любого растительного материала представляет собой скелет из целлюлозы и гемицеллюлозы заполненной лигнином. Упругие свойства соломы проявляются за счет жесткости этого скелета, а под действием давления и температуры он разрушается и происходит выделения лигнина, за счет чего происходит пластификация материала. [5]

Для анализа процесса деформации сжатия растительных материалов можно применить аналогии с механических систем. Поскольку в данном случае проявляются упругие свойства материала, которые вследствие сжатия переходят в пластические, то это позволяет нам представить растительный материал в виде модели квазипружины (рис. 1).

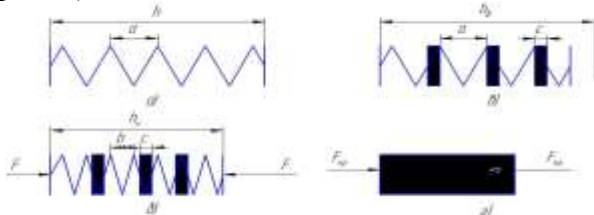


Рис. 1. Схемы возможных состояний модели изменения механико–технологических свойств растительных материалов

Fig. 1. Schematics of possible states of the model changes mechanical and technological properties of plant materials

В ней солоmistый материал изображен в виде условной пружины, которая описывает упругие свойства материала, а пластические характеризуются взломом витков. Таким образом данная модель материала описывает

переход от упругих деформаций к пластическим.

Поэтапно рассмотрим процесс сжатия материала. На начальном этапе изобразим материал в виде условной пружины, с высотой витка a (рис 1а). Таким образом общая высота условной пружины будет представлять:

$$h = n \cdot a, \quad (1)$$

где: n – общее количество витков, a – высота витка условной пружины в свободном состоянии

Предположим, что приложено усилие F , а также обеспечена выдержка в сжатом состоянии в течение времени τ , тогда витки сожмутся и шаг между ними уменьшится к величине b , а некоторые из них сломаются. Таким образом мы характеризуем пластический состояние материала (рис. 1 б).

Общую высоту условной пружины под нагрузкой можно определить из следующего соотношения:

$$h_n = kc + (n - k)b, \quad (2)$$

где: n – общее количество витков, k – количество витков, которые сломались, c – высота сломанного витка, b – высота сжатого витка.

На следующем этапе после снятия приложенного усилия F сжатые витки, шаг между которыми b , вследствие упругих свойств возвратятся в предыдущее состояние, и высота витка будет представлять a , а та часть витков условной пружины, которая сломалась останется в такому, же состоянии, с высотой витка c (рис. 1 в). В итоге высота условной пружины будет равна:

$$h_b = kc + (n - k)a. \quad (3)$$

Если усилие F достигнет критического значения, то можно предположить, что все витки условной пружины сломаются, и, все деформации материала из упругих перейдут в пластические, то высота сжатых витков в этом состоянии будет стремиться к высоте сломанных $b \rightarrow c$. Поэтому высота данной условной пружины $h_{кр}$, будет равна:

$$h_{кр} = n \cdot c. \quad (4)$$

В таком случае мы описать состояние материала после брикетирования следующей системой уравнений:

$$\begin{cases} h_n = kc + (n - k)b, \\ h_b = kc + (n - k)a. \end{cases} \quad (5)$$

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА БРИКЕТИРОВАНИЯ СОЛОМЫ В ПЕЛЕТЫ

Разделим составные системы уравнений (5) на $h_{кр} = n \cdot c$:

$$\begin{cases} \frac{h_n}{h_{кр}} = \frac{k \cdot c}{n \cdot c} + \frac{(n-k)b}{nc}, \\ \frac{h_B}{h_{кр}} = \frac{k \cdot c}{n \cdot c} + \frac{(n-k)a}{nc}. \end{cases} \quad (6)$$

Введем следующие обозначения: $\frac{a}{c} = \alpha$ – отношение высоты витка условной пружины в свободном состоянии к высоте в пластифицированном состоянии; $\frac{b}{c} = \beta$ – отношение высоты витка условной пружины в сжатом состоянии к высоте витка, который пластифицировался; $\frac{k}{n} = \kappa$ – коэффициент пластификации. После упрощений получим систему уравнений:

$$\begin{cases} \frac{h_n}{h_{кр}} = \kappa + (1 - \kappa) \cdot \beta, \\ \frac{h_B}{h_{кр}} = \kappa + (1 - \kappa) \cdot \alpha. \end{cases} \quad (7)$$

Плотность материала в канале γ определяется со следующего соотношения:

$$\gamma = \frac{h \cdot A}{m}, \quad (8)$$

где: h – высота образца, A – площадь поперечного сечения канала прессования, m – масса полученного образца.

Отсюда:

$$\frac{h}{h_{кр}} = \frac{\frac{h \cdot A}{m}}{\frac{h_{кр} \cdot A}{m}} = \frac{\gamma_{кр}}{\gamma}. \quad (9)$$

Подставив (9) у уравнение (7) получим:

$$\begin{cases} \gamma_n = \frac{\gamma_{кр}}{\kappa + (1 - \kappa) \cdot \beta}, \\ \gamma_B = \frac{\gamma_{кр}}{\kappa + (1 - \kappa) \cdot \alpha}. \end{cases} \quad (10)$$

Полученная система уравнений (10) описывает закономерность изменения механико-технологических свойств растительных материалов в процессе брикетирования.

Согласно закону Гука можем записать равенство:

$$\Delta h \cdot \psi = F = A \cdot p, \quad (12)$$

где: Δh – изменение высоты во время сжатия, F – сила, A – площадь поперечного перереза, p – давление в канале, ψ – коэффициент упругости.

Коэффициент упругости можно определить из соотношения:

$$\psi = \frac{E \cdot A}{a}, \quad (13)$$

где: E – модуль Юнга.

В данном случае высота витка пружины в сжатом состоянии определяться из следующего соотношения:

$$b = a - \frac{A \cdot p}{E \cdot A} \cdot a = a \cdot \left(1 - \frac{p}{E}\right). \quad (13)$$

Разделим составляющие уравнения на $h_{кр}$.

$$\frac{h}{h_{кр}} = \kappa + (1 - \kappa) \cdot \alpha \left(1 - \frac{p}{E}\right). \quad (14)$$

Полученное уравнение (13) представляет возможность определять плотность материала в процессе брикетирования. Для использования уравнения (13) необходимо экспериментально определить значения коэффициента пластификации κ , и модуля Юнга E .

Для оценки реологических свойств соломы рапса нами предложенная методика экспериментальных исследований которая предусматривает следующие этапы: определение фракционного состава материала; определение влажности материала; прессование, в пресс форме; измерение геометрических размеров полученных образцов; взвешивание полученных образцов; обработка полученных данных.

Геометрические размеры частиц сырья имеют важное влияние на процесс прессования. В качестве исходного сырья 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 существенным образом не изменяются. Поэтому их статистические параметры в пределах одного сорта культуры принимаем постоянными и их влияние к вниманию не принимаем.

Для исследований выбиралась солома рапса влажностью 11 – 14%, что отвечает требованиям европейского стандарта EN 14961-1: 2010 [4].

Исследования проводились в лабораториях Института агроинженерии, Природнического Университета в г. Вроцлав. Прессование материала осуществлялось с помощью пресс – формы, (рис. 1), которая состоит из поршня 1, входящего в гильзу 2, зафиксирована на

станции машины Instron 5566 усилие на поршень 1 осуществлялось с помощью машины Instron 5566. Фиксировались деформация соломистого материала, посредством оценки перемещения поршня, и нагрузка с дискретностью сигнала 0,1с. Использовано программное обеспечение Bluehill 2.1.

Исходя из геометрических размеров пресс-формы и приложенного усилия F давление прессования p .

Плотность материала определялась с соотношений массы брикета к его объему. Измерение линейных размеров образцов осуществлялось с точностью до 0,01 мм, взвешивали материал лабораторными весами ТВЕ-2.1-0.01 точностью до 0,01 г.

В экспериментальных исследованиях сжимали материал давлением до 120 МПа, после чего материал давлением полностью снималось.

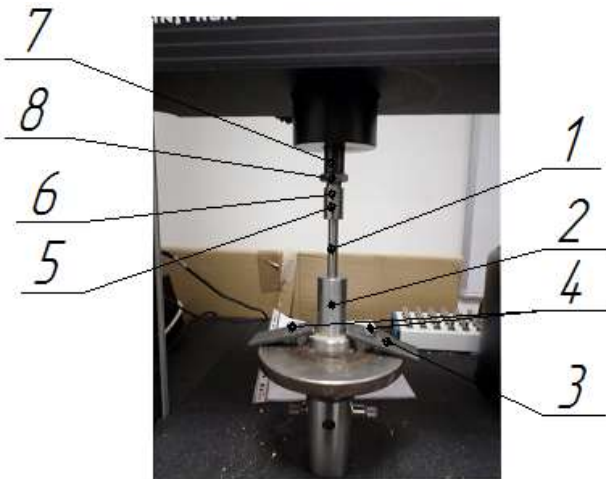


Рис. 2. Пресс – форма
Fig. 2. The press - form

Разность перемещения поршня между сжатым и отпущенным состоянием материала определялась из уравнения:

$$\Delta S_p = S_{max} - S_p, \quad (15)$$

где: S_{max} - максимальное перемещение поршня, S_p - перемещение поршня после снятия нагрузки.

Высота брикета в сжатом состоянии:

$$h_{ст} = h_b - \Delta S_p, \quad (16)$$

где: h_b - высота брикета в отпущенном состоянии.

Полную высоту материала до сжатия определяли из уравнения:

$$h_{п} = S_{max} + h_{ст} \quad (17)$$

Зависимость высоты брикета от давления определяли следующим образом:

$$h(p) = h_{п} - S(p), \quad (18)$$

где: $S(p)$ – текущие значения перемещения поршня в зависимости от давления

Поскольку сжатие производилось в цилиндрическом канале, постоянного диаметра, изменение плотности происходило только за счет изменения высоты.

В связи с тем что реологические свойства соломы отличаются от свойств изотропного тела то модуль Юнга не будет постоянным. Поэтому, исходя из предложенной нами реологической модели (13) и методики, модуль Юнга мы можем выразить следующим образом:

$$E = \frac{p}{1-\beta/\alpha}. \quad (19)$$

Высота витка пружины в свободном состоянии α , будет определяться из следующего соотношения:

$$\alpha = \frac{h_0}{h_{кр}}. \quad (20)$$

Коэффициент релаксации:

$$\beta = \frac{h}{h_{кр} - \kappa}. \quad (21)$$

Коэффициент пластификации:

$$\kappa = \frac{\alpha \frac{h}{h_{кр}}}{\alpha - 1}. \quad (22)$$

В итоге проведенных экспериментов и разработанной методики были получены зависимости перемещения поршня S от давления p (рис. 2).

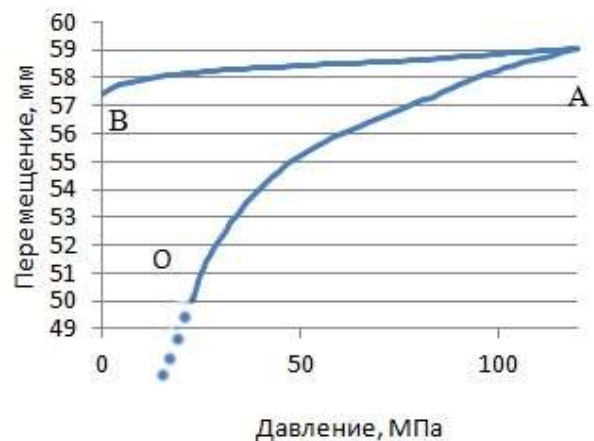


Рис. 3. Зависимость перемещения поршня от давления

Fig. 3. Dependence movement of the piston from the pressure

На участке OA наблюдается прирост перемещения при увеличении давления.

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА БРИКЕТИРОВАНИЯ СОЛОМЫ В ПЕЛЕТЫ

После снятия нагрузки вследствие релаксации материала поршень немного возвращается, обратно (участок АВ) при чем не линейно. Для определения модуля Юнга E нами разработана методика.

На основании проведенных экспериментальных исследований, за предложенной методике нами получены зависимости модуля Юнга от давления, (рис. 4).

Полученные результаты свидетельствуют что в заданном диапазоне давления характеристика модуля Юнга является не линейной монотонно возрастающей функцией давления и носит одинаковый характер для различных значений конечного давления.

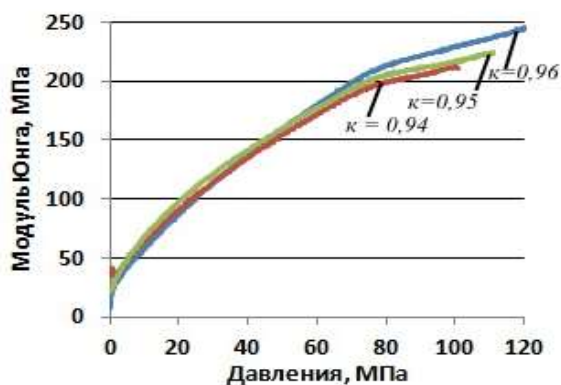


Рис. 4. Общий вид функции зависимости модуля Юнга от давления p , для разных значений коэффициента пластификации k
Fig. 4. General view of the dependence function of Young's modulus from the pressure p , for different values of the coefficient plasticizing k

Предложенная модель (13) дает возможность описать изменение плотности материала под влиянием давления за счет изменения коэффициента пластификации k . В свою очередь, на основании данной модели есть возможность определить значение плотности материала в канале на любом этапе брикетирования, а также оценить плотности материала после снятия нагрузки.

ВЫВОДЫ

Предложенная математическая модель закономерностей изменения механико-технологических свойств растительных материалов во время брикетирования,

описывает переход от упругих до пластических деформаций, который дает возможность однозначно описать состояние соломистых материалов на любом этапе прессования.

На основании полученных зависимостей можно получить дифференциальные уравнения, которые описывают процесс сжатия, которые являются основаниями для устояниеовления взаимосвязей между конструктивными и технологическими параметрами технологического оборудования для брикетирования соломистого материала.

Полученная модель процесса брикетирования разрешает получить отдельные параметры прессовального канала, и конечную плотность материала для заданных конструктивных решений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Dolgov I.A. 1972. Szhatyje sena – solomystykh materyalov v porshnevnykh pressakh. / I.A. Dolgov // Mekh. y elektr. sots. s. kh–va», № 10. 8–11.
2. Dolgov I.A. 1972. Zakonomernosti szhatyia sena-solomystykh materialov. / I.A. Dolhov // «Mekh. i elektr. sots. s. Kh–va», № 10. 8–11.
3. Solid biofuels – Fuel specifications and classes – Part1: General requirements EN 14961 – 1: 2010 Evropeiskyi standart.
4. Mani S. 2006. Effects of compressive force, size and moisture content on mechanical properties of biomass pellets from grasses / L. Tabil, S. Sokhanshaj // Biomass and Bioenergy, № 30. 648 – 654.
5. Kaliyan N. 2009. Constitutive model for densification of corn stover and switchgrass / N.Kaliyan, R. Vance Morey// Biosystems engineering № 104. 47 – 63.
6. Boyarchuk V. 2012. Ocinka energoefektyvnosti tehnologij vykorystannia solomy ripaku v energetychnyh ciliah. / V. BoyarchukV. Chuchman // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Vol.14. № 4. 11–15.
7. Energetychnyj analiz intensyvnyx tehnologij v silskogospodarskomu vyrobnyctvi. / Medvedovs`kyj O.K. P.L Ivanenko, / – K.: Urozhaj. 208.

8. Vitvickyj V.V., Poleshuk A.O. 2009. Metodologichni aspekty` energetychnogo analizu mexanizovanyx procesiv u roslynnnyctvi Rezhym dostupu http://www.nbu.gov.ua/portal/soc_gum/Pav. 11 – 13.
9. Kravchuk V.I. Posibnyk. Tehnologii ta obladnannia, dlya vykorystannya ponovlyvalnyx dzherel v silskogospodarskomu vyrobnyctvi / V.I. Kravchuk., V.O. Dubrovin//.– Doslidnycke: UkrNDIPVT im. L Pogorilogo. 184.
10. Myronenko V.G. Tverde biopalyvo v teplozabezpechenni sela/ V.G. Myronenko, V.O. Glotova, A.V. Filatova // Rezhym dostupu http://www.nbu.gov.ua/Portal/chem_biol/nvna_u_bbe/11mvg.pdf.
11. Paskaryk V. Vplyv stanu steblostoyu silskogospodarskykh kultur na funkcionalni pokaznyky shyroko zahvatnykh zernozbyralnykh kombajniv v umovax Zaxidnogo regionu Ukrainy // V. Paskaryk, O. Bahur. / Rezhym dostupu http://www.nbu.gov.ua/portal/Chem_Biol/Ttar/PDF/23.
12. Geletuxa G.G. Suchasnyj stan ta perspektyvy rozvytku bioenergetyky v Ukraini/ G.G. Geletuxa, T.A. Zhelyezna. // Rezhym dostupu <http://elibrary.nubip.edu.ua/8111/1/10>
13. Energetychna strategiiia 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).
14. Biomasa plan dlya Ukrayiny` (proekt). 2008. K. NTC "Biomasa". 43 s.
15. Yermilov S.F. Derzhavna energetychna polityka v ukrayinskomu ta evropejskomu konteksti / S.F. Yermilov// Rezhym dostupu: http://www.ief.org.ua/Arjiv_EP/Ermilov.
16. Konceptiya "neatomnogo" shlyahu rozvytku Ukrainy` / Rezhym dostupu: http://ch20.org/ukr/nconcept_ukr.
17. Jech J. 2008. Suszenie ziarna energia uzyskana ze spalania biomasy. / J. Jech, S. Sosnowski, J. Meszaros. // Motrol № 10, 60 – 66.
18. G. Cherevko. 2007. The perspectives of ecological fuel production and use in agriculture of Ukraine. Motrol, № 9, 40 – 48.
19. Shtefan Y.V. 2008. Vyznachennia reolohichnykh vlastyvostei dyspersnykh materialiv vidkhodiv kharchovoi ta pererobnoi promyslovosti / Ye.V. Shtefan, D.V. Ryndiuk // Naukovi pratsi NUKhT. – № 25.
20. Ryndiuk D.V. 2012. Vyznachennia strukturno-mekhanichnykh vlastyvostei vidkhodiv ahro-promysloвого kompleksu / D.V. Ryndiuk, Ye. V. Shtefan // Visnyk Vinnytskoho natsionalnogo ahrarynogo universytetu. – T.1, №10. 181 – 187.
21. Nazarov V.I. 2010. Issledovanie processa granulirovaniya dispersnykh othodov na rotornykh pressah s ploskoj matricej. / V.I. Nazarov, D.A. Makarenkov, I.A. Bulatov// Vestnik MITHT, t. 5, №6. 13–16.
22. Biomasa jako źródło energii odnawialnej. 2011 / A Lisowski.// Rozdz. w monografii pt. Współczesna. inżynieria rolnicza – badania i zastosowania. Wyd. PTIR Kraków.

RESEARCH AND VALIDATION OF THE THEORETICAL MODEL OF THE STRAW'S BRIQUETTING PROCESS INTO PELLETS

Summary. 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

Key words: biofuels, pressing, mechanical-technological properties.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ БИОТОПЛИВА НА ОСНОВЕ ИВЫ

Виталий Боярчук, Тетяна Станько

Львовский национальный аграрный университет, Украина

Vitaliy Boyarchuk, Tetiana Stanko

Lviv National Agrarian University, Ukraine

Аннотация. На основе существующих технологий выращивание энергетической ивы исследовано экономическую и энергетическую эффективность при одно-, двух-, и трехлетнему циклах. Определен оптимальный цикл сбора древесины, при котором достигаются наивысшая энергетическая ценность единицы продукции и наименьшая себестоимость выращивания ивы.

Ключевые слова: энергетическая ива, энергетическая ценность, выход биомассы, экономическая эффективность, циклы производства, энергетические расходы, себестоимость биомассы.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

На сегодняшний день в мире происходит интенсивное развитие биоэнергетики. В Украине одним из источников получения тепловой энергии может быть энергетическая ива, которая имеет ряд преимуществ. А именно: неприхотливая к условиям выращивания, экологически безопасная, экономически эффективная, обеспечивает позитивный социальный эффект в виде создания рабочих мест.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Влияние основных условий среды и технологий выращивания на урожайность и качество ивы раскрыто во многих научных изданиях и литературных источниках. В частности, перспективы и проблемы производства биотоплива на основе ивы отражены в научных трудах В. Ладики, Г. Боровика, В. Курило, И. Кунце, В. Калиниченко, Р. Титка и других ученых, наработки которых раскрывают данную тему [1, 2, 3, 5, 19]. Хотя и на данное время

существует значительное количество научных публикаций по вопросам экономической и энергетической эффективности выращивания и переработки ивы на биотопливо, однако эта тематика требует более детального исследования, поскольку именно в настоящий момент проекты из выращивания биоэнергетических культур являются особенно актуальными для Украины.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Оценить за экономическим и энергетическим критерием эффективность энергетической ивы, выращенной за современными интенсивными технологиями в условиях западных областей Украины.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Важным преимуществом насаждений ивы является их нейтральное или даже позитивное влияние на окружающую среду. Для высадки энергетической ивы используются бедные почвы, осушенные болотистые участки и поля, склонные к затоплению, что позволяет улучшить экологический баланс территорий, традиционно не используемых для ведения сельского хозяйства. Кроме того, посадки могут служить ветровыми барьерами, сдерживая выветривание гумуса и задерживая снег на сельскохозяйственных угодьях, создавая не прямой позитивный экономический эффект [7, 8].

Рентабельность и экономическая значимость возобновляемых источников энергии зависит от множества экономических составляющих. Выращивание энергетической ивы является наиболее экономически выгодным благодаря биологическим и технологическим

особенностям [14]. Кроме того, выращивание энергетической ивы является дополнительной возможностью для диверсификации деятельности хозяйств. Некоторые из экологических преимуществ энергетических деревьев также позволяют дополнительно оптимизировать производственные и технологические процессы аграрного производства [10, 11].

Социальный фактор в производстве восстанавливаемой энергии приобретает все большее значение в Европе, является особенно заметным в менее развитых регионах, где отсутствие многих земельных ресурсов не может содействовать развитию продовольственных отраслей сельского хозяйства. Выращивание энергетической ивы позволяет решать социальные задания благодаря долгосрочности энергетических плантаций и растущего спроса на безопасные возобновляемые источники энергии. Социальное развитие не может происходить без оптимального использования регионально доступных ресурсов [4, 13]. Выращивание энергетических культур способствует стойкой экономической оптимизации, а также оздоровлению окружающей среды, улучшению качества воды и воздуха, развития биологического разнообразия, которое ведет к росту общей привлекательности региона [12, 16, 18]. В свою очередь плантация ивы в 100 гектаров дает возможность обеспечить приблизительно 4 рабочих места в год.

Первая заготовка биомассы ивы осуществляется после 2–3 годов со времени посадки, когда побеги достигают 5–6 м высотой. Данный процесс проводится зимой, а следующей весной растения начинают расти из пеньков. В течение 20–30 годов существует возможность 5–7 заготовок без уменьшения производительности насаждений. Иву собирают по окончании вегетации, а именно с октября-ноября по марта-апреля. В первые два года собранную иву используют в качестве посадочный материал, а в следующие годы – на биомассу [15, 17]. При составлении проектов по выращиванию энергетической ивы важным

вопросам есть выбор цикличности сбора биомассы, поскольку от длительности цикла зависит ценность биомассы (рис. 1), затраты, на единицу продукции, на 1 гектар площади и другие показатели производства.

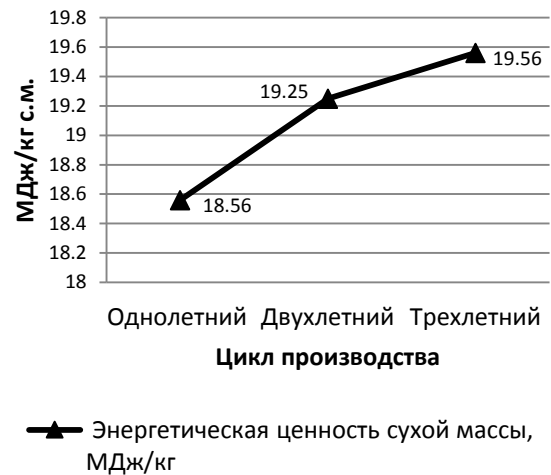


Рис. 1. Удельный выход энергии в зависимости от длительности циклов производства

Fig. 1. Specific output of energy depending on duration of production cycles

При сборе ивы раз в три года, энергетическая ценность сухой массы древесины составляет 19,56 МДж/кг, что на 0,31 МДж/кг больше, чем при сборе раз в два года и на 1 МДж/кг больше, чем при ежегодном сборе. Содержимое влаги и зольность древесины при трехлетней ротации также значительно уменьшается, в сравнении из одно- и двухлетнем сроках сбора. Следовательно, как видим, при одно- и двухлетнему срокам ротации энергетическая ценность сырья меньшая, чем при трехлетней ротации.

Для определения энергетической эффективности выращивания ивы рассчитано количество ежегодно полученной энергии из одного гектара, а также энергетические расходы на выращивание ивы и изготовление щепок при однолетнем, двухлетнем и трехлетнем циклах, при условии использования отечественной техники и интенсивной технологи производства. Результаты приведены на рис. 2.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ БИОТОПЛИВА НА ОСНОВЕ ИВЫ

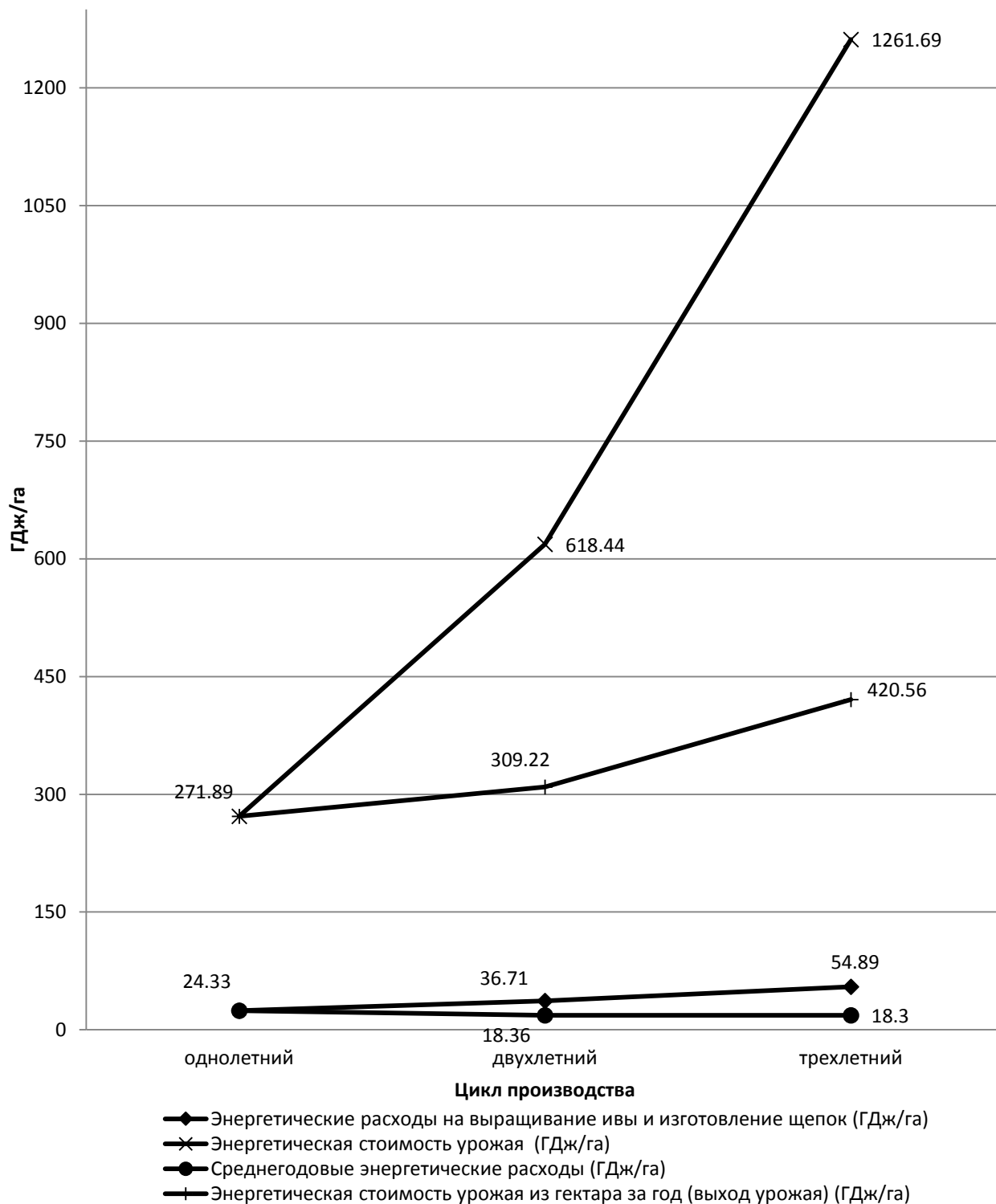


Рис. 2. Показатели энергетической эффективности
Fig. 2. Indices of energy efficiency

Энергетические расходы на выращивание ивы и изготовление щепы при однолетнем сроке ротации равняются 24,33 ГДж/га, что на 12,38 ГДж/га меньше, как при двухлетней ротации и на 30,56 ГДж/га меньше, чем при

трехлетней ротации. Однако, среднегодовые энергетические расходы являются самыми низкими при трехлетнем цикле, и составляют 18,3 ГДж/га, что на 6,03 ГДж/га

меньше, чем при однолетнем, и на 0,06 ГДж/га меньше, чем при двухлетнем циклах.

Наибольший выход сухой массы за год получаем в случае сбора один раз на три года и он составляет 21,47 т/га, что на 5,40 т/га больше, чем при двухлетнем цикле, и на 6,66 т/га больше, чем при однолетнем. Это является положительной тенденцией.

Коэффициент энергетической эффективности выращивания ивы определяем, как отношение энергетической стоимости урожая к энергетическим расходам на выращивание ивы [9]:

$$\alpha = \frac{E_0}{E},$$

где: α – коэффициент энергетической эффективности, E_0 – энергетическая стоимость урожая, ГДж/га, E – энергетические расходы на выращивание ивы, ГДж/га.

Зависимость коэффициента энергетической эффективности ивы от длительности циклов производства представлена на рис. 3.

В связи с тем, что энергетические расходы в динамике значительно не растут, ведь больше всего расходов осуществляется на первый год выращивания, а энергетическая стоимость урожая растет,

соответственно растет и коэффициент энергетической эффективности. Наивысший коэффициент энергетической эффективности достигается в случае сбора один раз на три года и он равняется 22,99, что на 11,81 больше, как при однолетней, и на 6,14 больше, чем при двухлетней ротациях.

Следовательно, можно сказать, что сбор урожая ивы один раз на три года дает наибольший выход сухой массы и наивысший коэффициент энергетической эффективности, в сравнении с одно- и двухлетним циклами.

Результаты расчетов энергетической эффективности выращивания ивы обнадеживают. Однако пока еще трудно учесть все расходы энергии в промышленности на производство технических средств и орудий. Однако, с учетом ценовой ситуации на энергоресурсы, социальные, экологические и экономические проблемы современности видится достаточно эффективным использованием насаждений ивы энергетической как альтернативного источника энергии, которая подтверждается расчетами, приведенными в таблице.

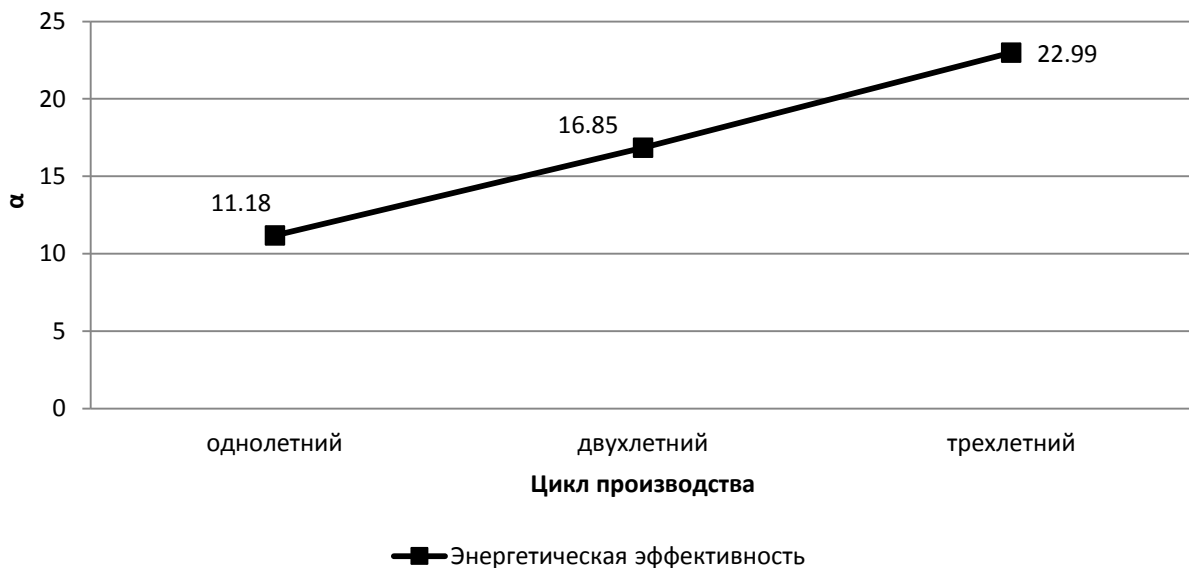


Рис. 3. Коэффициент энергетической эффективности ивы в зависимости от длительности цикла производства

Fig. 3. Coefficient of energy efficiency of willow (Salix) depending on duration of production cycles

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ БИОТОПЛИВА НА ОСНОВЕ ИВЫ

Таблица. Показатели эффективности производства ивы
Table. Indexes of efficiency of production of willow

| Показатели | Цикл | | |
|-------------------------------------------------------|------------|------------|------------|
| | однолетний | двухлетний | трехлетний |
| Выход биомассы (т/га) | 31,82 | 63,5 | 120,66 |
| Себестоимость одной тонны биомассы (грн/т) | 186,64 | 130,38 | 87,53 |
| Выход сухой биомассы (т/га) | 14,81 | 32,13 | 64,42 |
| Себестоимость одной тонны сухой биомассы (грн/т) | 401,01 | 257,67 | 163,94 |
| Энергетическая ценность урожая (МДж/кг с.м.) | 274873,60 | 618502,50 | 1260055,20 |
| Себестоимость одного МДж полученной энергии (грн/МДж) | 0,022 | 0,013 | 0,008 |

Следовательно, как видно из расчетов, при трехлетнем сроке ротации получается наибольший урожай свежей биомассы, а именно 120,66 т/га, что на 88,84 т/га больше, как при однолетнем и на 57,16 т/га больше, как при двухлетнем циклах. Себестоимость свежей биомассы при трехлетнем цикле является наименьшей и составляет 87,53 грн/т, что меньше на 99,1 т/га, чем при однолетнем, и на 42,85 грн/т, как при двухлетнем. Соответственно и себестоимость сухой биомассы при трехлетнем сроке ротации является наименьшей.

Себестоимость одного МДж полученной энергии наибольшая при однолетнем сроке ротации и равняется 0,022 грн/МДж, что на 0,009 грн/МДж больше, чем при двухлетней, и на 0,014 грн/МДж больше, чем при трехлетней ротациях. Для сравнения: себестоимость одного МДж угля составляет 0,054 грн/МДж, а себестоимость одного МДж природного газа – 0,097 грн/МДж.

ВЫВОДЫ

Наивысший коэффициент энергетической эффективности может быть достигнут в проекте производства ивы з трехлетним циклом. При трехлетней ротации получается наибольший урожай ивы из гектара и наименьшая себестоимость в расчете на единицу продукции и один МДж полученной энергии.

Выращивание энергетической ивы обеспечивает создание рабочих мест

сезонного и постоянного характера, обеспечивает занятость населения в сельской местности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Abram, Z., Kovářová, M. 2006. Tuhá biopaliva – ekonomika a konkurenceschopnost. In: Zborník referátov z medzinárodného odborného seminára VÚZT Praha na tému: Zemědělska technika a biomasa. – Praha, 7–13.
2. Borovyk H. 2007. Enerhetychnyy roshcha // Ahrosektor, – No 2(16). 13 – 15.
3. Debrynyuk Yu.M. 2007. Plantatsiyini lisovi kultury v Zakhidnomu Lisostepu Ukrayiny: kontseptsiya, metodolohiya, resursnyy potentsial: avtoref. dys. na zdo-buttya nauk. stupenya d–ra s.–h. Nauk. – L'viv, – 40.
4. Fuchylo Ya.D. 2008. Plantatsiyne lisovyroshchuvannya v Ukrayini: perspektyvy rozvytku // Zbirnyk naukovykh prats' Lisivnychoyi akademiyi nauk Ukrayiny. – L'viv: RVV NLTU Ukrayiny, Vyp. 6. 97–99.
5. Heletukha H.H. 2010. Suchasnyy stan ta perspektyvy rozvytku bioenerhetyky v Ukrayini // Netradytsyonnaya enerhetyka. Prom. teplotekhnika, – № 3. 73 – 79.
6. Informatsiyno-analitychnyy zvit pro rozvytok vuhil'noyi promyslovosti Ukrayiny za sichen'-berezen' 2014 roku (za operatyvnymy danymy) SOU–N EE 39.501:2014. Dostupné na internete: http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/publish/article?art_id=244936491.
7. Kunts'o I.O., Humentyk Ya.M. 2013. Vyroshchuvannya enerhetychnoyi verby yak syrovyny dlya vyrobnytstva tverdykh vydiv biopaliva v umovakh Lisostepu Ukrayiny //

- Zbirnyk naukovykh prats' Instytutu bioenerhetychnykh kul'tur i tsukrovykh buryakiv. – K., Vyp. 19. 59 – 62.
8. Kurylo V.L., Zhurba H.I. 2013. Dynamika rostu enerhetychnoyi verby v pershyi rik vyroshchuvannya v hruntovo-klimatychnykh umovakh Polissya Ukrainy // Zbirnyk naukovykh prats' Instytutu bioenerhetychnykh kul'tur i tsukrovykh buryakiv. – K., Vyp. 19. 74 – 79.
9. Ladyka V.I. 2009. Bioenerhetychnyy potentsial lisostepovoyi i polis'koyi zon Ukrainy ta perspektyvy yoho vykorystannya. Monohrafiya. – Sumy: Universytets'ka knyha, – 304.
10. Lipski R. 2011. Wykorzystanie biomasy jako energii odnawialnej w Polsce na przykładzie ciepłowni opalanej słoma w gminie wieniawa // Motrol: Motoryzacja i energetyka rolnictwa. – Lublin, Tom 13. 164 – 172.
11. Oliynyk Ye., Yelovikova T. 2007. Vyroshchuvannya enerhetychnykh plantatsiy // Ahrosektor, – No 7 – 8 (21 – 22). 42 – 46.
12. Onys'kiv M.I., Fuchylo Ya.D., Sbytina M.V. 1999. Osoblyvosti stvorennia plantatsiy shvydkoroslykh derevnykh porid // Nauk. visnyk NAU, – Vyp. 20. 81–87.
13. Pepich, Š. – Piszczalka, J. 2007. Ekonomické zhodnotenie vykurovania biomasou v rodinnom dome. (Economic Evaluation of Biomass Heating in a House.) In: Acta technologica agriculturae, Nitra: SPU, roč.9, 2006, č.3. 79–82.
14. Perebora S. 2009. Ekonomichni ta sotsial'ni perspektyvy stvorennia ta rozvytku bioenerhetychnykh plantatsiy shvydkorostykh derevnykh porid v Ukraini // Materialy P'yatoyi vseukrayins'koyi nauko-vo-praktychnoyi konferentsiyi «Innovatsiynyy potentsial ukrayins'koyi nauky - KhKhI storichya», 20-27 travnya 2009 r. – L'viv: Natsional'nyy lisotekhnichnyy universytet Ukrainy.
15. Polák, M. 2007. Ekonomické aspekty využitia biomasy v podmienkach Slovenska. Dostupné na internete: <http://semafor.euke.sk/zbornik2007/pdf/polak2>.
16. Royik M.V., Humentyk M.Ya., Mamaysur V.V. 2011. Perspektyvy vyroshchuvannya enerhetychnoyi verby dlya vyrobnytstva biopalyva // Zbirnyk naukovykh prats' Instytutu bioenerhetychnykh kul'tur i tsukrovykh buryakiv. – Kyiv, Vyp. 12. 142–148.
17. Soloviy I.P., Perebora S.V. 2009. Ekološko-ekonomichni ta liso politychni aspekty rozvytku plantatsiynoho lisovyroshchuvannya // Naukovyy visnyk NLTU Ukrainy, – Vyp. 19.4. 61 – 67.
18. Stvorennia ta vyroshchuvannya enerhetychnykh plantatsiy verb i topol'. 2009. / [Ya.D. Fuchylo, M.V. Sbytina, O.Ya. Fuchylo, V.M. Litvin] – Kyiv: Lohos, 425.
19. Tytko R., Kalinichenko V. 2010. Vidnovlyuval'ni dzherela enerhiyi (dosvid Pol'shchi dlya Ukrainy): posibnyk. – Varshava: OWG, – 533.
20. Tkachov O.I., Vir'ovka V.M. 2011. Osoblyvosti lisorozvedennia na osushuvanykh torfovyschakh Lisostepu // Zemlerobstvo. – Obroshyno, Vyp. 83, 87–89.

ECONOMIC AND ENERGY EFFICIENCY OF WILLOW-BASED BIOFUEL

Summary. Economic and energy efficiency during one-, two-, and three-year cycles of cultivation of energy willow (*Salix*) based on current technologies has been investigated. The optimal cycle of wood gathering has been defined whereby the highest fuel value of a product unit and the smallest cost value of energy willow (*Salix*) cultivation is achieved.

Key words: energy willow, fuel value, biomass output, economic efficiency, production cycles, expanses, cost value of biomass.

ИССЛЕДОВАНИЯ СЕДИМЕНТАЦИОННЫХ И ФЛОТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В СУБСТРАТЕ, КОТОРЫЙ ФОРМИРУЕТСЯ ИЗ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Виталий Боярчук, Тарас Михальчук

Львовский национальный аграрный университет, Украина

Vitaliy Boyarchuk, Taras Mykhalchuk

Lviv National Agrarian University, Ukraine

Аннотация.

Проведены экспериментальные исследования влияния седиментационных и флотационных процессов на частоту перемешивания субстрата. Оценено влияние седиментационных и флотационных процессов на время начала разделения субстрата на фракции в конкретных условиях протекания процесса.

Ключевые слова: седиментация, флотация, перемешивания, субстрат, частота включения перемешивающих устройств.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Использование биомассы в энергетических целях дает возможность производить тепловую энергию, электроэнергию, жидкие (биодизель и биоэтанол) и газообразные (биогаз) энергоносители, а также уменьшить экологический ущерб окружающей среде. В настоящее время в Украине технологии производства энергоносителей из биомассы и биоотходов находятся на начальных этапах развития и внедрение в производство.

На стабильное и равномерное протекание процесса анаэробного брожения органических отходов влияет ряд параметров, которые необходимо поддерживать в оптимальных пределах на протяжении рабочего цикла, одним из основных таких параметров есть частота, качество и длительность перемешивания субстрата. Качество и длительность перемешивания зависит от конструкции и насосного эффекта мешалки, объема реактора и избранной кратности перекачивания субстрата. Частота включения перемешивающих устройств зависит от скорости протекания седиментационных и флотационных

процессов, в ходе которых субстрат разделяется на фракции.

Время разделения субстрата зависит от ряда факторов: влажности, среднего размера и фракционного состава компонентов, температуры и времени брожения.

Для обеспечения качества и уменьшения затрат энергии на перемешивание нужно избрать наименее энергозатратные перемешивающие устройства и подобрать оптимальные режимы работы.

В связи с тем, что субстрат, который используется в биогазовых установках, имеет большое разнообразие за: количеством компонентов, влажностью и размером частиц, необходимо исследовать режимы работы перемешивающих устройств для конкретных условий.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

На данное время разработан ряд способов обеспечения перемешивания субстрата в биореакторах, однако все они энергозатратные и не всегда обеспечивают качество. Проблемой перемешивания жидкостей, смесей и коллоидных растворов занимались: Хашимото, Землянка О., Губинский М., Барбара Э., Шульц Х., Ратушняк Г., Стренк Ф. [1–5]. Проводились эксперименты по влиянию перемешивания на процесс метанового брожения, и интенсивности перемешивания, но результаты не всегда были убедительными.

Однако приоритетом большинство исследователей ставили целью максимальный выход биогаза и не обострялось внимание на оптимальном подборе мешалки и минимуме затрат на перемешивание [2, 4 – 7].

ПОСТАНОВКА ЗАДАНИЯ

Целью данной работы является обоснование частоты промежуточного перемешивания субстрата в зависимости от его влажности.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Субстраты, которые используются для производства биогаза состоят из компонентов с разными физико-механическими свойствами (геометрическая форма, размер, вязкость, влажность, плотность), которые в процессе анаэробного брожения изменяются [8-13]. Такое изменение физико-механических характеристик имеет значительное влияние на режимы работы перемешивающих устройств на протяжении цикла производства биогаза.

Для обоснования оптимальных режимов перемешивания субстрата нами разработана методика определения времени разделения субстрата на фракции, в которой использованы следующие параметры:

- физико-механические свойства субстрата,
- скорость протекания седиментационных и флотационных процессов в субстрате,
- частота включения перемешивающих устройств.

Физико-механические свойства субстрата. Условно разделив все компоненты субстрата на три группы: легкая, средняя и тяжелая, и приняв, что частицы равны по размеру, можно утверждать, что на любую частицу смеси действуют сила земного притяжения и сила выталкивания. Под действием этих сил субстрат разделяется на легкую, среднюю и тяжелую фракции. Скорость расслоения зависит от следующих параметров: средней влажности, среднего размера частиц, активной площади частиц (площадь частицы, которая омывается водой), температуры субстрата.

Рассматривая макроструктуру субстрата и приняв частицу с пузырьками биогаза на ее поверхности как отдельный элемент, среднее

его влажность можно описать уравнением [14, 15]:

$$W_{сеп} = \frac{m_1 \cdot W_1 + m_2 \cdot W_2 + \dots + m_n \cdot W_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}, \quad (1)$$

где: $W_{сеп}$ – средняя влажность субстрата, %; $m_1, m_2 \dots m_n$ – масса компонентов субстрата, кг; $W_1, W_2 \dots W_n$ – влажность компонентов частиц субстрата, %.

Размер частицы обуславливается технологическими параметрами используемого измельчающего устройства, который записывается в виде эквивалентного диаметра [15–18]:

$$d_e = 1,24 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_c}{\rho_c}}, \quad (2)$$

где: d_e – эквивалентный диаметр частицы, м; M_c – масса частицы, кг, ρ_c – плотность частицы, кг/м³.

Площадь активной поверхности частицы в процессе анаэробного брожения является переменной во времени и зависит от: количества и размера пузырьков биогаза на поверхности частицы, концентрации частиц и других факторов и в общем случае описывается уравнением:

$$S_{акт} = f(\alpha_m, \sigma_{T-P-G}, W_{сеп}, t_c), \quad (3)$$

где: $S_{акт}$ – площадь активной поверхности частицы, м²; α_m – площадь поверхности частицы, контактирует с пузырьками биогаза и колеблется в зависимости от жизнедеятельности микроорганизмов, м², σ_{T-P-G} – степень смачивания частицы субстрата в системе твердое тело – жидкость – газ, $W_{сеп}$ – средняя влажность субстрата, %; t_c – температура субстрата, °C.

Скорость протекания седиментационных и флотационных процессов в субстрате. Анализ сил, действующих на частицу субстрата в статике и динамике [1, 19–23] позволил выделить факторы, которые влияют на скорость расслоения субстрата на фракции:

$$v = \frac{d_e \cdot g (\rho_c - \rho_s)}{18\mu} \cdot \varphi \cdot \eta, \quad (4)$$

где: v – скорость расслоения, м/с, ρ_s – плотность субстрата, кг/м³, μ – коэффициент динамической вязкости субстрата, Па·с, φ – коэффициент, учитывающий геометрическую форму

ИССЛЕДОВАНИЯ СЕДИМЕНТАЦИОННЫХ И ФЛОТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В СУБСТРАТЕ, КОТОРЫЙ ФОРМИРУЕТСЯ ИЗ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

частицы, η – коэффициент, учитывающий взаимодействие между частицами.

Частота включения перемешивающих устройств. Включение перемешивающего

устройства для промежуточного перемешивания рис. 1. Зависит от скорости расслоения субстрата в биореакторе.

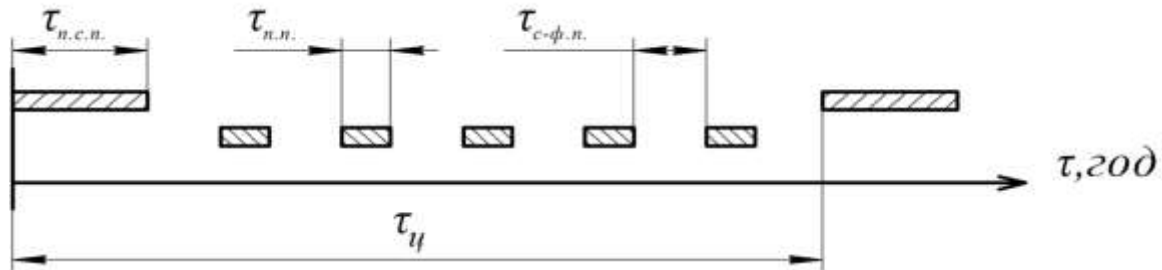


Рис. 1. Режим работы мешалки в промежутке между загрузкой свежей порции биомассы. $\tau_{ц}$ – кратность загрузки свежей порции биомассы, $\tau_{н.с.н.}$ – время перемешивания свежей порции биомассы, $\tau_{н.н.}$ – время промежуточного перемешивания субстрата, $\tau_{с-ф.н.}$ – время протекания седиментационных и флотационных процессов

Fig. 1. Mode of operations of mixer in an interval between a load fresh portion of biomass. $\tau_{ц}$ – is multiplicity of load fresh portion of biomass, $\tau_{н.с.н.}$ – is time of interfusion fresh portion of biomass, $\tau_{н.н.}$ – is time of intermediate interfusion of substrata, $\tau_{с-ф.н.}$ – is time of flowing of sedimentation and flotacionnykh processes

Включение перемешивающих устройств в промежутках между загрузкой свежей порции биомассы зависит от времени протекания седиментационных и флотационных процессов в субстрате:

$$\tau_{с-ф.н.} = f(v, W_{сер}, S_{акт}). \quad (5)$$

Проведены экспериментальные исследования начала расслоения субстрата на фракции в состав, которого вошли: свиной навоз, свежая зеленая масса, куриный помет и бытовые биоотходы со средним размером частиц 8 – 15 мм, кратностью загрузки свежей порции двенадцать часов.

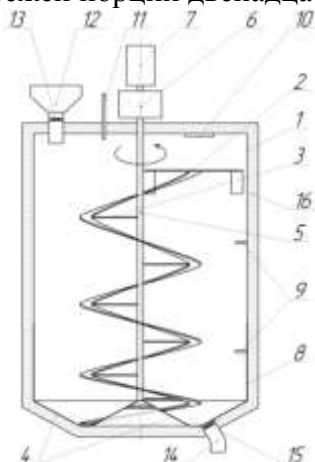


Рис. 2. Конструктивная схема биогазовой установки. 1 – корпус, 2 – ленточная мешалка с гребнем, 3 – лучи к которым

крепится лента, 4 – комбинированное коническое днище, 5 – вал мешалки, 6 – мультипликатор, 7 – электродвигатель, 8 – нагревательный кожух, 9 – термодатчики, 10 – датчик давления, 11 – патрубок для забора биогаза, 12 – загрузочная горловина, 13 – впускной клапан, 14 – патрубок для выгрузки отработанного субстрата, 15 – выпускной клапан, 16 – утепляющий материал

Fig. 2. Structural chart of the biogas setting. 1 - corps, 2 - band mixer with a comb, 3 - are rays which a ribbon is fastened to, 4 - combined conical bottom, 5 - billow of mixer, 6 - cartoonist, 7 - electric motor, 8 - heater casing, 9 - termodatchiki, 10 - pressductor, 11 - union coupling for the fence of biogas, 12 - load mouth, 13 - induction-valve, 14 - union coupling for unloading of exhaust substrata, 15 - final valve, 16 - warming material

Рабочий субстрат готовился в опытной биогазовой установке рис. 2. Качество смешивания исследуемой порции субстрата оценивалась по равномерности концентрации компонентов смеси в конечном продукте, а процесс перемешивания считался вполне завершенным, если массив определенных опытами величин концентраций вещества в

различных точках среды группировался у средневзвешенных значений. Влажность опытного образца субстрата контролировалась весовым методом.

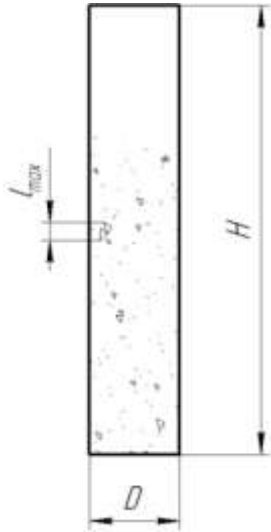


Рис. 3. Параметры емкости для проведения опыта H – высота емкости, D – диаметр емкости, l_{max} – максимальный размер частицы

Fig. 3. Parameters of capacity for carrying out the test H - height of capacity, D - diameter of capacity, l_{max} - maximal size of particle

Для визуального наблюдения и фиксирования каких-либо изменений в субстрате взято прозрачную стеклянную емкость геометрические параметры, которой зависят от максимального размера частицы l_{max} . Для минимального влияния стенок емкости на протекание седиментационных и флотационных процессов ее диаметр и

высота соответственно в 10 и 50 раз больше максимального размера частицы рис. 3.

Показателем для включения перемешивающих устройств есть начало разделения субстрата на фракции, который фиксировался визуально а высота водяного столба и поверхностной корки, образовавшиеся на поверхности, измерялись с помощью линейки. Процесс разделения субстрата на фракции во времени неравномерно, что вызвано частичным перемешиванием за счет пузырьков биогаза, которые поднимаются на поверхность рис. 4.

При визуальном наблюдении за опытными образцами с влажностью 85% и выше прослеживалась четкая закономерность разделения субстрата на фракции. На начальных этапах 0 – 5 часов уплотняется нижняя часть, после чего на поверхности появляется жидкая фракция (мутная вода), на завершающих этапах, более десяти часов, при выходе пузырьков биогаза на поверхности формируется легкая фракция.

Пузырьки биогаза, которые поднимаются на поверхность, движутся по принципу наименьшего сопротивления и проходят по пути, пройденному предварительный пузырь образую при этом капилляры рис. 4 з. Присутствие таких капилляров является нежелательным эффектом и практически сводит к нулю перемешивания субстрата образованным биогазом. Образование таких капилляров наблюдалось в субстратах с влажностью 85% и выше.

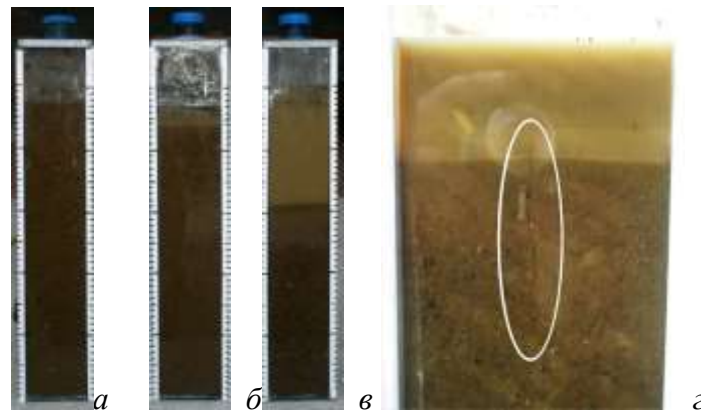


Рис. 4. Процесс расслоения субстрата на фракции. a - субстрат $W - 89\%$, $\tau - 0$ часов; b - субстрат $W - 89\%$, $\tau - 2$ часа; $в$ - субстрат $W - 89\%$, $\tau - 8$ часов; z - капилляр образован пузырьками биогаза

Fig. 4. Process of stratification of substrata on faction. a - substrat of $W - 89\%$, $\tau - 0$ hours; b - substrat of $W - 89\%$, $\tau - 2$ hours; $в$ - substrat of $W - 89\%$, $\tau - 8$ hours; z - a capillary is formed the bubbles of biogas

ИССЛЕДОВАНИЯ СЕДИМЕНТАЦИОННЫХ И ФЛОТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В СУБСТРАТЕ, КОТОРЫЙ ФОРМИРУЕТСЯ ИЗ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

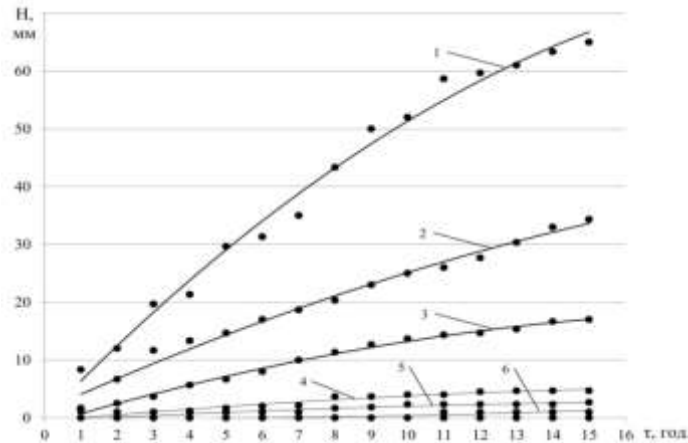


Рис. 5. Зависимость высоты водяного столба от времени начала протекания седиментационных и флотационных процессов в субстрате при разной влажности.

1 – субстрат влажностью 90%, 2 – субстрат влажностью 89%, 3 – субстрат влажностью 88%, 4 – субстрат влажностью 87%, 5 – субстрат влажностью 86%, 6 – субстрат влажностью 85%

Fig. 5. Dependence of height of aquatic post on time of beginning of flowing of sedimentation and flotacionnykh processes in substrate at different humidity. 1 - substrat by humidity 90%, 2 - substrat by humidity 89%, 3 - substrat by humidity 88%, 4 - substrat by humidity 87%, 5 - substrat by humidity 86%, 6 - substrat by humidity 85%

Таблица. Уравнение регрессии начала расслоения приготовленной смеси
Table. Equalization of regression of beginning of stratification of the prepared mixture

| Влажность субстрата, % | Уравнения регрессии | Коэффициент корреляции |
|------------------------|-------------------------------------|------------------------|
| 85 | $H=0,0101\tau^2-0,0723\tau+0,0769$ | $R=0,8921$ |
| 86 | $H=-0,0085\tau^2+0,3401\tau-0,563$ | $R=0,971$ |
| 87 | $H=-0,013\tau^2+0,5613\tau-0,5586$ | $R=0,981$ |
| 88 | $H=-0,0445\tau^2+1,8797\tau-1,1407$ | $R=0,9975$ |
| 89 | $H=-0,0457\tau^2+2,8444\tau+1,2454$ | $R=0,9931$ |
| 90 | $H=-0,1361\tau^2+6,4923\tau+0,0037$ | $R=0,9943$ |

На основе экспериментальных данных получены зависимости времени начала разделения субстрата на фракции, представленные на графиках рис. 5.

А также уравнения регрессии высоты водяного столба в зависимости от времени протекания седиментационных и флотационных процессов табл. 1, которые позволяют определить время начала расслоения приготовленной смеси.

При влажности субстрата 84% и ниже его расслоение в промежутках между загрузкой свежей порции биомассы, не происходит.

Главным преимуществом представленной методики является то, что в ходе визуального наблюдения за протеканием седиментационных и

флотационных процессов в субстрате просматриваются малейшие изменения.

ВЫВОДЫ

Данная методика дает установить начало разделения субстрата на фракции, проследить за процессом протекания седиментации, флотации, самоперемешивания и выхода пузырьков биогаза на поверхность.

На основе проведенных экспериментальных исследований, обоснованно продолжительности остановок перемешивающих устройств, для субстратов различной влажности:

- влажностью 85 % продолжительность остановки составляет одиннадцать часов,
- влажностью 86 % продолжительность остановки составляет четыре часа,
- влажностью 87 % продолжительность остановки составляет два часа,
- влажностью 88 % продолжительность остановки составляет полчаса,
- влажностью 89% и выше перемешивания субстрата происходит без остановок перемешивающих устройств.

На основании данной методики можно выбирать режимы работы перемешивающих устройств.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Strenk F. 1975. Peremeshivaniye i apparaty s meshalkami. Pol'sha, Per. s pol'sk. pod red. Shchuplyaka I. A. L., «Khimiya», 384.
2. Eder Barbara. 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.
3. Кудря С.А. Основы конструирования энергоустановок с возобновляемыми источниками энергии / С.А. Кудря, В. М. Головкин - Киев, 2009. – 201.
4. Ратушняк Г.С. 2008. Интенсификация биоконверсии колебательным перемешиванием субстрата / Г. Ратушняк, В. В. Дзеджула Монография. - М.: Универсум – Винница, – 117 с.
5. Землянка А.А., Губинский М.В. 2010. Исследование влияния флотационных процессов на производительность биогазовой установки. // Вестник Винницкого политехнического института, 75–80 с.
6. Políshchuk V.M. 2011. Konstruktivní osoblivostí metanténkiv / V.M. Políshchuk, S.S. Garaseiko, O.V. Sergejeva // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – Lublin, 2011. – Tom 13B, 56–61.
7. Kowalska Anna. 2011. Recruiting and using agricultural biogas / Anna Kowalska ТЕКА Commission of motorization and power industry in agriculture Lublin, Tom 11, 118 – 125.
8. Ляшенко А.А., Павличенко В.М., Шевченко И.А. 2009. Пути использования органических отходов животноводства. // Сборник научных трудов ИМТ В А АН "Механизация, скологизация и конвертация биосырья в животноводстве " Выпуск 1, 3 - 16.
9. Герасименко В.Г. 2006. Биотехнология: Учебник / В.Г. Герасименко, М.А. Герасименко, М. И. Цвилюховский и др.; Под общ. ред. В. Г. Герасименко. – М.: Фирма «ИНКОС», 647.
10. Михальчук Т. 2013. Стенд для исследования вязкости субстрата, который формируется из биоотходов в частных крестьянских хозяйствах / Т. Михальчук // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – Lublin, – Vol 15, №4, 107 – 111.
11. Дудюк Д.Л. 2008. Нетрадиционная энергетика: основы теории и задачи / Д. Л. Дудюк, С.С. Мазепа, Я.М. Гнатишин Львов – 188.
12. Крыжановский А.В. 2009. Энергоэффективные технологии в сельской местности. Методические рекомендации / Крыжановский А.В., Бережная Ю.В., Левченко О.В., Гыжко Н.В. – Винница, 136.
13. Капустин В.П. 2002. Обоснование способов и средств переработки бесподстильного навоза / В. П. Капустин Тамбов, 80.
14. Grabchenko A.Í. 2009. Metodi naukovikh doslídzhzen' / Grabchenko A.Í., V.O. Fedorovich, YA.M. Garashchenko: Navch. posíbnik. – КН.: NTU "КНРІ", 142.
15. Гаузнер С.И. 1972. Измерение массы, объема и плотности. / С.И. Гаузнер, С.С. Кивилис, А.П. Осокина, А.Н. Павловский М.: Издательство стандартов, 623.
16. Хансуваров К.И. 1990. Техника измерения давления, расхода, количества и уровня жидкости, газа и пара: Учебное пособие для техникумов. / К. И. Хансуваров, В. Г. Цейтлин - М.: Издательство стандартов, 287.
17. Дытнерский Ю.И. 1995. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. Изд. 2-е. В 2-х кн.: Часть 1. Теоретические основы процессов

ИССЛЕДОВАНИЯ СЕДИМЕНТАЦИОННЫХ И ФЛОТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В
СУБСТРАТЕ, КОТОРЫЙ ФОРМИРУЕТСЯ ИЗ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты / Ю.И. Дытнерский М.: Химия, 400.

18. Павлов К.Ф. 1981. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: Учебное пособие для вузов / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков – 9-е изд. – Л.: Химия, 560.

19. Happel John. 1965. Low Reynolds number hydrodynamics with special applications to particulate media / John Happel Howard Brenner Prentice-Hall, 631.

20. Баранцев В.И. 1985. Сборник задач по процессам и аппаратам пищевых производств / В. И. Баранцев М.: Агропромиздат, 136.

21. Braginskiy L.N. 1984. Peremeshivaniye v zhidkikh sredakh: Fizicheskiye osnovy i inzhenernyye metody rascheta / L. N. Braginskiy, V. I. Begachsv, V. M. Barabash L.: Khimiya, 336.

22. Kaminer A.A. 1987. Gidromekhanika v inzhenernoy praktike / A.A. Kaminer, O.M. Yakhno. – К.: Tekhnika, 175.

23. Kalión B.A. 2010. Obchislyuval'na gídromekhaníka: Model'ní zadachí. Navchal'niy posíbnik / B.A. Kalión.– К.: VTS "Kiïvs'kiy uníversitet", 219.

**RESEARCHES OF SEDIMENTATION
AND FLOTACIONNYKH PROCESSES
ARE IN SUBSTRATE WHICH IS FORMED
FROM ORGANIC WASTES OF
AGRICULTURAL PRODUCTION**

Summary. Experimental study of the influence of sedimentation and flotation processes for mixing frequency of the substrate. The effect of sedimentation and flotation processes at the start of the separation into fractions of the substrate in the specific conditions of the process.

Key words: Sedimentation, flotation, mixing, substrate, frequency of inclusion mixers.

СОГЛАСОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОНФИГУРАЦИИ ПАРКА АВТОМОБИЛЕЙ С ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ПРОЕКТНОЙ СРЕДЫ В ПРОЕКТЕ СОЗДАНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ СВЕКЛОПРИЕМНОГО ПУНКТА

Виталий Боярчук, Ярослав Шолудько, Михаил Бабыч, Роман Крыгуль, Василь Шолудько
Львовский национальный аграрный университет, Украина

Vitaly Boyarchuk, Jaroslav Sholudko, Mikhail Babych, Roman Krygul, Vasyl Sholudko
Lviv National Agrarian University, Ukraine

Аннотация. Процессам заготовки сахарной свеклы присущ вероятностный характер. Критерием оптимальности параметров конфигурации парка автомобилей в проектах централизованного своза сахарной свеклы являются удельные сведены затраты средств на транспортировку и приема сахарной свеклы. Необходимо учета стохастических явлений в разработке методов решения проблемы заготовки корней.

Ключевые слова: сахарная свекла, транспортное средство, своз, стохастическая среда

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В современных условиях в Западных областях Украины объемы производства сахарной свеклы выросли в мелких индивидуальных крестьянских хозяйствах (ИСХ) – до 60–80%. Транспортные средства (ТС) малой тоннажности, которыми чаще всего владеют ИСХ, являются неэффективными для перевозок на значительные расстояния. При таких условиях сахарные заводы образуют региональные свеклоприемочные пункты (СП) с радиусом их действия 70–80 км, свозение корней от ИСХ осуществляют своим транспортом. Учитывая это возникает потребность в аренде ТЗ для централизованного свозения корнеплодов. Интенсивность поступления сахарной свеклы от ИСХ на СП имеет сезонный характер, а объем каждой заявки, которая свозится одним маршрутом, является случайной величиной. Это усложняет выбор оптимальной конфигурации парка автомобилей.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Существующие методики и модели обоснования оптимальных параметров конфигурации парка автомобилей для централизованного свозения сахарной свеклы, рассчитаны на условия стабильного поступления корней на протяжении сезона заготовки и не учитывают стохастический характер явлений, которые возникают во время процесса свозения [1, 2, 4, 5]. Поскольку в течение всего сезона заготовки, поступления количества заявок корней, от ИСХ на СП по дням неравномерное, а объем каждой заявки, что свозится одним маршрутом переменчивая величина, то аналитическим способом определить оптимальную конфигурацию парка автомобилей, который бы обслуживал зону действия СП, невозможно.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Целью статьи является обобщение результатов статистического имитационного моделирования относительно обоснования оптимальной конфигурации парка автомобилей для централизованного свозения свеклы.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Одним из самых общих методов исследования сложных систем есть статистическое имитационное моделирование, принципы которого определяются системотехникой [3].

Как уже отмечалось, транспортная инфраструктура сахарного завода рассматривается как производственная система (рис. 1) с управляемыми (X) и неуправляемыми (Y) факторами [7].

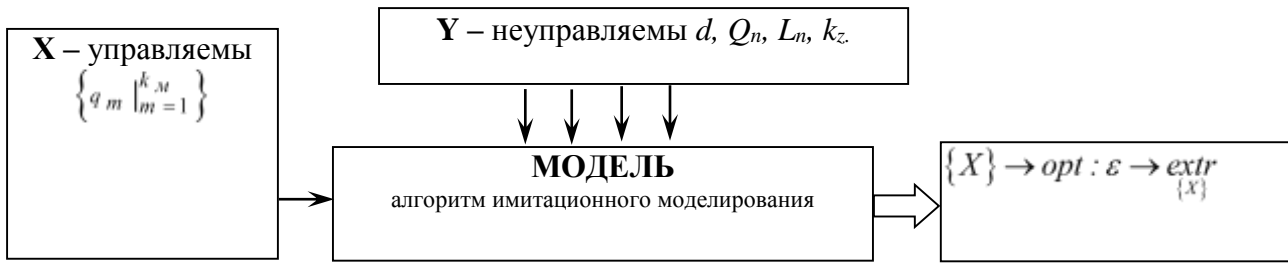


Рис. 1. Схема системы заготовки сахарной свеклы
 Fig. 1. Blank diagram of the system of sugar beet

Входными составляющими системы являются характеристики поступления сахарной свеклы на СП. В частности день поступления n -ой заявки на свезение сахарной свеклы – (d_i), количество заявок в u -ый день – (k_z), объем n -ой заявки – (Q_n), т, расстояние от населенного пункта к СП – (L_n), км. Управляемыми факторами в системе есть количество и марочный состав ТС.

Целью создания модели транспортной инфраструктуры СП сахарного завода является обоснование конфигурации парка автомобилей, который обеспечит минимум суммарных затрат на свезение сахарной свеклы для избранного СП и потерь потенциальной прибыли сахарного завода от недополучения сырья. Целевая функция оптимизации конфигурации парка автомобилей будет иметь вид:

$$Z_{свез} + Z_{н.б.} \rightarrow \min,$$

где: $Z_{свез}$ – суммарные затраты средств на свезение свеклы, грн., $Z_{н.б.}$ – суммарные потери средств сахарным заводом от недополучения сырья, грн. [6, 7].

Производственные эксперименты проводились на основе опубликованной ранее методики [7]. На основании статистической обработки их результатов был установлен теоретический закон распределения количества заявок, которые поступили в отдельный день сезона заготовки на Сокальский СП.

Учитывая условие, что ТС перевозит заявку объемом (Q_n) сахарной свеклы меньшим или равным его тоннажности (q_m), рассчитываются затраты средств на свезение ($Z_{свез}$), для 500 вариантов $[\theta_m]$ множественные числа парка автомобилей тоннажностью 2,5; 3,5; 5,5 и 10 т.

А также определяются потери средств от недополучения сырья ($Z_{н.б.}$), для рассматриваемых вариантов.

На основании $(Z_{свез})+(Z_{н.б.}) \rightarrow \min$, изменяя начальный день заготовки ($d_{нач}$) с шагом +3 дни и день окончания ($d_{кин}$) с шагом -3 дни находим значение оптимального дня начала ($d_{нач}^{opt}$) и окончания ($d_{кин}^{opt}$) сезону заготовки корнеплодов и соответствующую оптимальную конфигурацию парка автомобилей для этого сезона заготовки. Случайный перебор количества ТС и их тоннажности во множественном числе $[\theta_m]$ парка автомобилей дает возможность определить такую конфигурацию (структуру автопарка) которая обеспечит суммарные затраты средств $\Sigma Z_{ti} = (Z_{свез})+(Z_{н.б.}) \rightarrow \min$ грн. За результатами компьютерных экспериментов на основании $\min \Sigma Z_{ti}$, получены оптимальные конфигурации парка автомобилей для 21 периода свезения сахарной свеклы.

Результаты имитационного моделирования относительно нахождения оптимального значения начала и окончания сезона заготовки изображено на рис. 2. По данным имитационного моделирования, получено три временные периоды начала и окончания централизованного своза сахарной свеклы от ИСХ к СП: I) 265 – 275; II) 276 - 301; III) 302 – 323-й день года.

Согласование параметров конфигураций парка автомобилей с характеристиками проектной среды для трех периодов проведена по разработанной нами методике статистического имитационного моделирования для условий Сокальского СП.

СОГЛАСОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОНФИГУРАЦИИ ПАРКА АВТОМОБИЛЕЙ С ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ПРОЕКТНОЙ СРЕДЫ В ПРОЕКТЕ СОЗДАНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ СВЕКЛОПРИЕМНОГО ПУНКТА

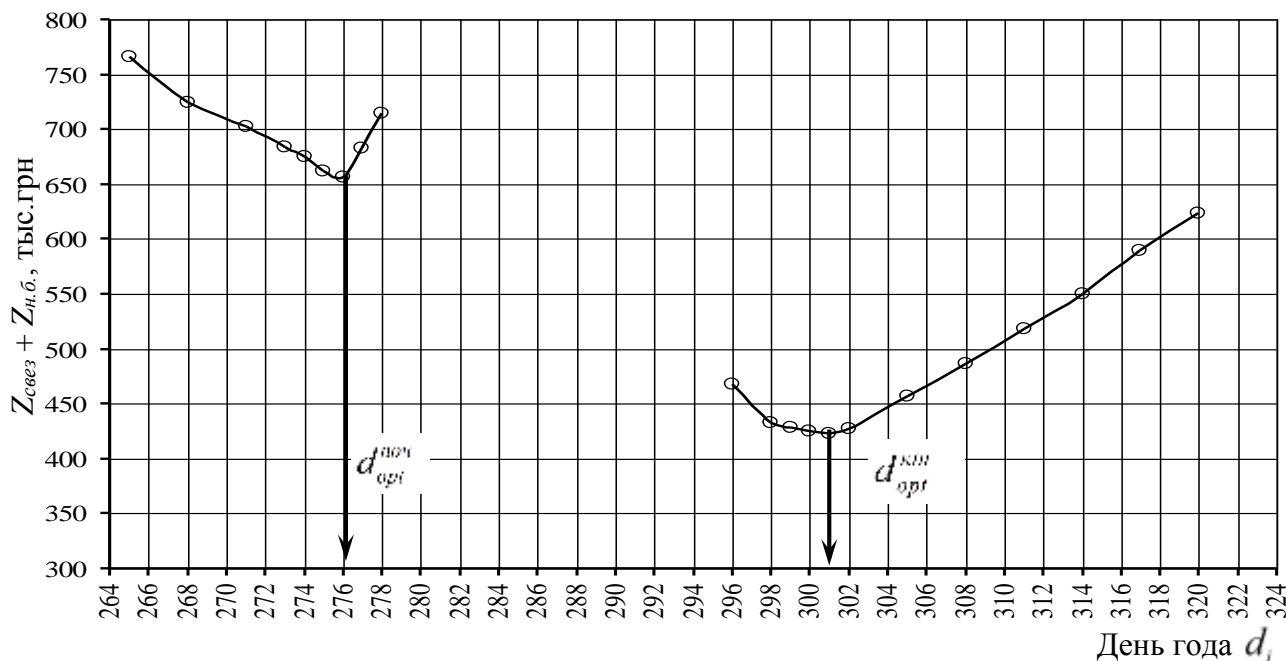


Рис. 2. Оптимизация начала и окончания сезона заготовки сахарной свеклы на Сокальском свеклоприемном пункте

Fig. 2. Optimization began and completion of season of purveyance of sugar beet on Sokal'sku sugar beet point

Полученные результаты конфигураций парка автомобилей приведены в таблице.

Таблица. Параметры конфигураций $\{X\}$ парка автомобилей для Сокальского СП
Table. Parameters of configurations $\{X\}$ park of cars for Sokal'skogo BP

| Период (день года) | Параметры конфигураций $\{X\}$ парка автомобилей | | | | Издержки, тыс.грн. |
|-----------------------|--------------------------------------------------|------|------|-----|-----------------------|
| | 2,5т | 3,5т | 5,5т | 10т | |
| 265 – 275 | 2 | 1 | 1 | 0 | 23 |
| 276 – 301 | 5 | 13 | 7 | 1 | 423 |
| 302 – 323 | 0 | 1 | 1 | 0 | 29 |

Таким образом, для Сокальского свеклоприемного пункта оптимальная конфигурация парка автомобилей будет состоять из 26 транспортных средств в частности: грузоподъемностью 2,5 т – 5; 3,5 т – 13; 5,5 т – 7 и 10 т – 1 единиц.

ВЫВОДЫ

Для своевременного свезения сахарной свеклы необходимо организовать свеклоприемный пункт и обеспечить его транспортом.

Определение оптимальной конфигурации парка автомобилей для свезения сахарной свеклы на свеклоприемный пункт возможно на основании статистического имитационного моделирования.

Полученные результаты компьютерных экспериментов позволяют обосновать оптимальную конфигурацию парка автомобилей в проекте централизованного свезения сахарной свеклы к свеклоприемному пункту.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Anchyn V.L., Soloviev N.F., Tymoshenko L.N. 1992. Modelirovanie Optimalnoy surevoy zonu: Jour. "Saharana svekla" №1, 12–16.
2. Halushko V.G. 1976. Veroyatnosnostystycheskye methodu na avtotransporte. K.: High School, 232.

3. Druzhynyn V.V., Kontorov D.S. 1985. Systemotekhnika. – M.: Radio and Communications, 200.
4. Zhutkov V.A., Kim K.V. 1982. Metodu operativnogo planirovanija hruzovuh avtomobylnuh perevozok. – M.: Transport, 184.
5. Kozhyn A.P. 1979. Matematycheskye Metodu v planirovani i upravlenie hruzovumy avtomobylnumy perevozokami. – M.: High society. HQ., 302.
6. Kryhul R. 2007. Optimizacija transportno–technologichnoi infrastruktury cikrovogo zavodu // Bulletin. Lions. state. Agrar. Univ: Ag research – Lviv, №11. 57–61.
7. Sydorhuk O.V., Boyarchuck V.M., Kryhul R.E. 2007. Zastosyvannja imitaciunogo modeluvannja dla obgruntuvannja transportnoi infrastruktury cukrovogo zavodu // Bulletin of Kharkiv National Technical University of Agriculture Petro Vasilenko, Issue 59, "Agricultural Mechanization" Volume 2 Kharkov, 151–156.
8. Kerivnuctvo z putan Project Management: Per. z English. / Ed. S.D. Bushueva 2000.– 2 nd ed., Overhauled. – K.: Publishing House "Business Ukraine", 198.
9. Kryhul R.E. 2006. Doslidjennja potrebu y transport dlja perevezennja cukrovuh burakiv vid (ISG) na buryakopunkt // Visnuk. Lions. State. Agro Univ: Ag research – №10. 121-124.
10. Rach V.A. 2000. Principles Systemnogo podxoda v proektnom menedzhmente // Project management and development of production: Coll. sciences. Avenue. – Lugansk: Izd EUNU. Volodymyr Dahl, – № 1, 7–9.
11. Rybak A.I. 2006. Management proektoy deyatelnostyu na hosudarstvennom urovne // Bulletin CUDU im. Volodymyr Dahl – №3 (11). Lugansk, 22–23.
12. Sydorhuk A. 2003. Rozvutok theory functional structures material vurobnuctva // Bulletin Lions. State Agrarian University: Ag doslidzhennya. – №7, 3–8.
13. Sydorhuk O.V., Boyarchuck V.M., Kryhul R.E. 2006. Conceptual model zagotivelno-transportnoi infrastructure perevezennja cukrovuh burjakiv// Theory and practice of agricultural development: Proceedings of Intern. scientific-Pract. Forum, 19–20 September Vol. 2. – Lviv: Lviv. derzh. ahrouniversytet, 121–124.
14. Sydorhuk A. 2007. Obgruntuvannja zasjagu dii buryakopryymalnoho punktu / O.V. Sydorhuk, V.M. Boyarchuck, R.E. Kryhul // Mechanization and Energy Agriculture. MOTROL. Materials VI Intern. scientific-technical. conf. – Lublin, м Т. 9А, 157-165.
15. Boyarchuck V. Kryhul R., Sholudko J., Sholudko V. 2011. Znujennja vutrat resursu pru transportuvanni cukrovuh burakiv. // MOTROL. Lviv – Lublin, Т. 13D. 104 – 109.

CONCORDANCE OF PARAMETERS OF CONFIGURATION OF PARK OF CARS WITH DESCRIPTIONS OF PROJECT ENVIRONMENT IN PROJECT OF CREATION OF A TRANSPORT INFRASTRUCTURE OF SUGAR BEET OF POINT

Summary. Sugar beet harvesting processes inherent probabilistic nature. Optimality criterion configuration car park projects centralized dumped sugar beet are the specific means reduced costs for transportation and reception of sugar beet. Necessary accounting stochastic phenomena in the development of methods for solving problems harvesting roots.

Key words: sugar beet, vehicle, dumped, stochastic environment.

МЕТОД СОЗДАНИЯ КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНЧЕСКО-ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПОЛЕВОДСТВА

Александр Сидорчук

Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства», Украина

Olexander Sydorчук

National Scientific Center «Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture», Ukraine

Леонид Сидорчук

Львовский национальный аграрный университет, Украина

Leonid Sydorчук

Lviv National Agrarian University, Ukraine

Николай Демидюк, Елена Сиваковская

Луцкий национальный технический университет, Украина

Mykola Demidyuk, Olena Sivakovska

Lutsk National Technical University, Ukraine

Аннотация. Раскрыт системный подход к созданию концептуальной модели управленческо – информационных систем полеводства. Обоснованы причинно-следственные связи между основными составляющими, показателями и параметрами этих систем. Разработаны научно – методические основы создания концептуальной модели управленческо-информационных систем.

Ключевые слова: управление, информация, система, модель, полеводство.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Управление проектами и программами полеводства сегодня является неотъемлемой составляющей сельскохозяйственного производства. Однако, для этой цели еще не созданы управленческо – информационные системы, которые бы гарантировали объективное решение множества управленческих задач в автоматизированном режиме. Поэтому и теперь руководители и менеджеры сельскохозяйственного производства вынуждены осуществлять управление на основе разрозненных рекомендаций литературных источников из многих отраслей знаний. В этом случае, управленческие решения не всегда являются достаточно объективными, что негативно влияет на результаты производственной деятельности сельскохозяйственных товаропроизводителей. Таким образом, существует научно – прикладная проблема

обеспечения эффективности полеводства на основе создания и использования управленческо – информационных систем (УИС).

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Целесообразность усовершенствования управления сельскохозяйственным производством задекларировано во многих научных трудах [1–3, 12]. Наблюдается тенденция применения для этой цели моделирования, которое позволяет прогнозировать результаты производства в зависимости от содержания выполняемых работ [8, 9, 21, 22]. Кроме того, в последние годы различными научными коллективами разработаны и рекламируются через Интернет информационно-аналитические системы решения различных управленческих задач сельскохозяйственного производства [6, 7, 11]. Их анализ свидетельствует об отсутствии информации относительно методов решения этих задач, что является причиной недоверия потенциальных потребителей к таким системам.

ПОСТАНОВКА ЗАДАНИЯ

Целью статьи является раскрытие научно-методических особенностей создания концептуальной модели УИС.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Концептуальной называют описательную модель, в которой отражают основные составляющие систем и принципы функционирования [17]. Обычно концептуальная модель разрабатывается в такой последовательности: 1) ориентация модели; 2) стратификация; 3) детализация; 4) структурирование и управление; 5) локализация; 6) выделение процессов; 7) выделение состояний [17]. Эти процедуры основываются на определенных научно-методических положениях, которые предопределяются содержанием систем. Начнем с ориентации модели УИС. Эта процедура осуществляется для того, чтобы четко зафиксировать с какой целью создается концептуальная модель. Собственно определение цели создания концептуальной модели лежит в основе технических требований к УИС. В этом случае и цель, и технические требования находятся в диалектическом единстве, которое характеризует УИС относительно ее назначения.

Если УИС рассматривать как интегрированное программно-компьютерное обеспечение интеллектуальной деятельности человека относительно решения множества управленческих задач и обоснование по их результатам распоряжений (решений) по осуществлению тех или иных действий, направленных на выполнение полевых процессов, то основным техническим требованием к ее созданию является максимально полный и системный учет соответствующих процессов. Иными словами, УИС должна максимально полно и системно отражать полевые процессы, что гарантирует объективность решения управленческих задач. Поэтому объективность решения управленческих задач следует признать основным (первичным) техническим требованием к УИС.

Рассмотрим этот вопрос с позиций управления программами, методические основы которых отражены в японском стандарте П2М [5]. В этом случае УИС будем рассматривать как программу, которая характеризуется ценностью. Миссией

программы является создание продукта под названием УИС. Продукт в этом случае рассматривается как система с состоянием «как будет». Система в начальном состоянии «как есть» представляет собой управленческую систему, состоящую из лиц, которые обосновывают и издают распоряжения относительно выполнения множества полевых процессов по производству сельскохозяйственной продукции тем или иным автономным товаропроизводителем на основе полученных знаний и опыта. Желаемое состояние «как будет» этих систем представляет собой управленческие системы, которые состоят из лиц, обосновывающих и издающих распоряжения по решению управленческих задач с помощью УИС. При таком состоянии знания и опыт, которыми обладают управленцы, фактически не нужны, поскольку соответствующая информация будет содержаться в УИС. То есть должно произойти распределение информации между управленцами и УИС. Поэтому, концептуальная модель УИС должна учитывать содержание и объем информации, которая должна к ним поступать. Для определения содержания (σ_i) этой информации нужно знать содержание (σ_3) задач, которые должны решать УИС, а также методы (m_3) их решения. В то же время методы m_3 решения управленческих задач определяют потребность в технических средствах (T_n). Таким образом, имеем причинно-следственную связь:

$$\sigma_i = f(\sigma_3, m_3, T_n). \quad (1)$$

Эта связь лежит в основе создания УИС, в частности, концептуальной её модели.

Посмотрим на УИС с позиций системного подхода. С этой целью обозначим такие системные составляющие: 1) характеристики (X_v) входящего потока информации; 2) параметры (Z_v) данных систем; 3) показатели (Y_v) выходящей информации. Задача синтеза в этом случае записывается зависимостью:

$$Y_v = f(X_v, Z_v, T_\phi), \quad (2)$$

где: T_ϕ – продолжительность функционирования УИС.

МЕТОД СОЗДАНИЯ КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНЧЕСКО-ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПОЛЕВОДСТВА

Заметим, что характеристики X_U входящего потока информации касаются состояния сельскохозяйственного производства того или иного автономного формирования. Они отражают информацию о множестве показателей функционирования соответствующих систем – их входящие потоки (X_B), параметры (Z_B) и показатели производства (Y_B):

$$X_U = f(X_B, Z_B, Y_B). \quad (3)$$

Параметры Z_U УИС характеризуют содержание управленческих задач (σ_3), методы их решения (m_3), а также технологию и технические средства (T_n), обеспечивающих автоматизированный процесс решения этих задач.

Показатели (характеристики) (Y_U) выходящей информации отображают результаты решения управленческих задач и предоставление их управленцам.

Итак, системный подход к разработке концептуальной модели УИС позволяет обозначить системные составляющие и причинно-следственные связи между ними, которые, по нашему мнению, являются важными для ориентации модели. В частности, обозначенные причинно-следственные связи (1–3) позволяют формулировку цели моделирования УИС – согласовать параметры Z_U УИС с содержанием множества управленческих задач $\{\sigma_3\}$, которые должны ими решаться.

После ориентации модели и формулировку цели моделирования, нужно обосновать страты модели УИС. Стратами будем называть укрупненные составляющие систем УИС, которые находятся в системной взаимосвязи между собой и определяют параметры Z_U :

$$Z_U = \{Z_{U\beta}\}, \quad (4)$$

где: β – число страт.

Для обоснования числа страт β УИС следует в первую очередь определить число u и содержание $\{\sigma_{3u}\}$ решаемых задач. Кроме страт, решающих отдельные управленческие задачи, очевидно, следует определить страты, которые обеспечивают общие функции УИС – сбор и фиксацию

начальных данных, представления результатов решения задач и т.д. Страты, которые осуществляют решения автономных управленческих задач, будем называть основными. Страты, которые обеспечивают поступление и выдачу информации, будем называть вспомогательными. В то же время число u и содержание $\{\sigma_{3u}\}$ управленческих задач определяется параметрами Z_B и характеристиками X_B входящих потоков, а также показателями Y_B результатов функционирования производственных (технологических) систем полеводства. Учитывая масштабность и сложность качественного определения упомянутых системных составляющих полеводства, в данной статье этот вопрос не рассматриваем. Однако зафиксируем указанные причинно-следственные связи, как важную методическую основу научного процесса стратификации УИС:

$$\beta = \{\sigma_{3u}\}; \{\sigma_{3u}\} = f(X_B, Z_B, Y_B). \quad (5)$$

Отметим, что множество управленческих задач $\{\sigma_{3u}\}$ формируется из двух подмножеств – подмножества факторов ценности производственных систем полеводства и подмножества управленческих процессов. Обычно к множеству факторов ценности полеводческих систем относятся следующие группы [12]: 1) правовая (Pa); 2) рыночно-конъюнктурная (P); 3) финансово-экономическая (Φ); 4) социальная (C); 5) предметная (Pe); 6) производственная (B); 7) агрометеорологическая (A); 8) технологическая ($Tл$); 9) техническая ($Tн$); 10) организационно – масштабная (O); 11) материально – ресурсная (M); 12) ресурсно – энергетическая (Re); 13) стандартно – качественная ($Яс$):

$$Ц = f(Pa, P, \Phi, C, Pe, B, A, Tл, Tн, O, M, Re, Яс). \quad (6)$$

Относительно каждой управляемой группы факторов могут решаться управленческие задачи по ее улучшению. Не возможно осуществить управление по отношению к агрометеорологической и производственной групп факторов, которые фактически являются неуправляемыми. Другими группами факторов управляют во время таких управленческих процессов –

инициации, планирования, контроля, организации, мотивации и закрытия соответствующих проектов [10, 12].

Анализируя научно – методический подход к детализации УИС полеводства, следует, на наш взгляд, брать за основу методику решения каждой задачи множества $\{\sigma_{zu}\}$. Методики решения отдельных управленческих задач являются неодинаковыми. Они определяются научными достижениями, как в прикладных сферах, так и в области управления, в частности, по научной специальности управление проектами и программами. В то же время, любую управленческую задачу с позиций системного подхода можно рассматривать таким образом. Содержание σ_{zu} i -й управленческой задачи всегда предполагает наличие исходной информации, которая также характеризуется определенным содержанием σ_{iu} , а также методики (метода) ее решения m_{iu} . Решения σ_{zu} управленческой задачи характеризуется определенными результатами R_{zu} , которые являются основой принятия управленческого распоряжение U_{zu} . Таким образом, для любой управленческой задачи σ_{ze} можем записать системную зависимость:

$$U_{zu} = f(R_{zu}); R_{zu} = f(\sigma_{zu}, \sigma_{iu}, m_{iu}, T_{iu}), \quad (7)$$

где: T_{iu} – технические средства, которые используются для решения σ_{zu} -й управленческой задачи.

Учитывая объективность этой зависимости, детализация УИС в первую очередь касается начальной информации σ_{iu} , методики m_{iu} решения данной задачи и технических средств T_{iu} , применяемых для этой цели. В этом случае должны однозначно определить средства считывания, фиксирования и передачи исходной информации в подсистему ее обработки. Это происходит по определенному алгоритму, разработанному в соответствии с методикой решения управленческой задачи. Заметим, что до сих пор начальная информация о состоянии той или иной составляющей производственной системы полеводства формируется на основе мониторинга этого состояния непосредственно человеком, который измеряет состояние с помощью приборов. То

есть, человек непосредственно считывает (измеряет) показатели состояния элементов систем. В то же время развитие информационных технологий, по нашему убеждению, в недалеком будущем даст возможность эту информацию измерять, фиксировать и передавать в автоматизированном режиме. Учитывая это, будет заменено участие человека в процессе мониторинга на технические средства, которые станут объектами конфигурации УИС. Пока что человек, который определяет состояние системных составляющих сельскохозяйственного производства, является неотъемлемым объектом конфигурации УИС. До важных составляющих УИС, которые определяются на основе анализа зависимости (7) принадлежит программное обеспечение решения той или иной управленческой задачи. Оно позволяет в автоматизированном режиме осуществить расчет (смоделировать) функционирование объекта управления (производственной системы, проекта, программы и т.д.) и отыскать результат решения задачи.

Перейдем к локализации УИС. Локализация УИС означает установление их границ, которые определяются назначением систем. Можно с уверенностью сказать, что учитывая современное состояние развития этих систем, их локализация будет предопределяться границами объектов управления – количеством возделываемых культур; числом и площадями полей, на которых они выращиваются; сельскохозяйственными сезонами (весенним, весенне-летним, летне-осенним, осенним, осенне-зимним, зимним и зимне-весенним) и т.д.

Неотъемлемой составляющей разработки концептуальной модели УИС является выделение процессов, в них происходящих. Очевидно, что эти процессы определяются особенностями сбора и обработки информации относительно состояния и поведения производственных систем полеводства, которые фактически являются объектами управления. Как уже отмечалось, в УИС процессы касаются сбора (считывания), обработки, хранения, передачи, распределения и представления

МЕТОД СОЗДАНИЯ КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНЧЕСКО-ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПОЛЕВОДСТВА

информации. Каждый из этих процессов выполняется в определенной последовательности, которая определяется многими факторами, в частности, методикой решения управленческих задач. Кроме того, следует заметить, что упомянутые процессы (операции) выполняются объектами конфигурации – техническими средствами и человеком.

Невозможно разработать концептуальную модель УИС без структурирования и управления, которое осуществляется в них. Структурирование систем означает установление взаимосвязей, как между отдельными их частями, так и объектами конфигурации. Управление означает установление последовательности сбора, обработки, передачи, сохранения, распределения и представления информации отдельными техническими средствами. Показателями функционирования в этом случае является загрузка объектов конфигурации, которая определяется на основе отражения их состояний. В частности, объекты конфигурации могут находиться в состоянии выполнения своих функций, или же ожидания загрузки. Кроме того, они могут быть в работоспособном или же неработоспособном состоянии.

ВЫВОДЫ

1. Метод создания концептуальной модели управленческо-информационных систем полеводства базируется на системном подходе и учитывает особенности, как объекта управления (сельскохозяйственного производства), так и этих систем.

2. Использование существующей методологии управления программами позволяет рассматривать процесс создания управленческо-информационных систем, как перевод их из состояния «как есть» в состояние «как будет» на основе факторной модели ценности соответствующих программ.

3. Использование известных процедур создания концептуальной модели систем для управленческо-информационных систем позволило раскрыть их особенности, которые должны быть учтены при

обосновании параметров.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бакурадзе Л.А., Луценко Е.В. 2008. Теория, технология и практика автоматизации оперативного управления уборочно-заготовительными кампаниями в АПК: Под науч. ред. д.т.н., проф. В.И. Лойко. Монография (научное издание). – Краснодар: КубГАУ, 550.
2. Гарам В.П., Пашко А.О. 2005. Сучасне управління агротехнологічним процесом у рослинництві. // Наука та інновації, – ТІ. № 2, 10 – 116.
3. Журкин И.Г. 2009. Геоинформационные системы / И.Г. Журкин, С.В. Шайтура. – М.: КУДИЦ – ПРЕСС, 272.
4. Кравчук В. 2009. Моніторинг росту та прогнозування врожайності сільськогосподарських культур. Проект «МАРС» / В. Кравчук, О. Ковтуненко // Техніка і технологія АПК. – №1(вересень).
5. Керівництво з питань проектного менеджменту: [пер. з англ.] / під ред. С.Д. Бушуєва. 2000. – [2-ге вид.]. – К.: Вид. дім «Делова Україна», – 198.
6. Компьютерные агросистемы /Автоматизовані системи підтримки прийняття рішень в землеробстві: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.agrosoft.ks.ua/school-of-agricultural-technology/823-automated-decision-support-systems-in-agriculture.html>.
7. Компьютерные агросистемы /Программные продукты: [Електронний ресурс] // ИМС «Защита растений». - Режим доступу: <http://www.agrosoft.ks.ua/software-products.html>.
8. Луценко Е.В., Лойко В.И. 2005. Семантические информационные модели управления агропромышленным комплексом. – Краснодар: КубГАУ.
9. Наумов А.И. и др. 1991. Системы управления базами данных и знаний. М.: Финансы и статистика, 352.
10. Сидорчук О.В., Тригуба А.М., Маланчук О.В. [та ін.]. 2013. Оптимізація конфігурації сервісних проектів аграрного виробництва. / Глеваха: ННЦ «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства».

Механізація та електрифікація сільського господарства. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. Випуск № 98, Т. 2. 453 – 460.

11. Організаційні варіанти конфігурації проектів ремонту сільськогосподарських машин / О. Сидорчук, А. Чабан, А. Тригуба та ін. 2012. // MOTROL Commission of motorization and energetics in agriculture. – Lublin, Vol.14, №4, 70 – 74.

12. Обґрунтування конфігурації каскаду малих дериваційних гідроелектростанцій на гірських річках / О. Сидорчук, М. Бабич, А. Татомир [та ін.] 2012. // Вісник ЛНАУ. Агроінженерні дослідження – Львів: Львів. нац. агроуніверситет., – Вип. 16, 373 – 378.

13. Полуэктов Р.А. 1991. Динамические модели агроэкосистемы. – Л.: Гидрометеиздат, 312.

14. Пріоритетні напрямки агроінженерних досліджень // Механізація та електрифікація сільського господарства / В.В. Адамчук, М.И. Грицишин. – Глеваха, 2013. – Вип. 97, Т. 1, 14 – 23.

15. Саати Т. 1993. Принятие; решений. / Т. Саати // Метод анализа иерархий: пер. с англ. – М.: Радио и связь, 320.

16. СибФТИ: Програмные продукты / Автоматизированные рабочие места: [Электронный ресурс] // Автоматизированное рабочее место агронома землеустроителя. – Режим доступа: <http://www.sibfti.sorashn.ru/index.php?id=123>.

17. Сидорчук О.В. 2007. Інженерія машинних систем / Сидорчук О.В. – Київ: ННЦ «ІМЕСГ» УААН, 263.

18. Федякина Т.Е. 2011. Прогнозирование урожайности озимой пшеницы на основе данных космического зондирования земли / Т.Е. Федякина // Наукові праці Полтавської державної аграрної академії. Серія:

Економічні науки. Вип. 2. Том 3. – 216–222.

19. Шукалонич Л.В. 2007. Концептуальные основы информационно–аналитической поддержки диагностики текущей деятельности предприятия. / В.Л. Лисицкий // Восточно–европейский журнал передовых технологий. – № 3/5 (27), 31 – 34.

20. Якушев В.В. 2010. Интеллектуальные системы управления для ресурсосберегающих технологий точного земледелия // Экологические системы и приборы, №7, 26 – 33.

21. Model symulacyjny sygnału diagnostycznego simulating patternel of diagnostic signal / Krzysztof Plizga 2008. // Motoryzacja i energetyka rolnictwa // Motropol. – Lublin, – том 10, 207 – 219.

22. Trojanowska M., Maopolski J. 2011. Forecast models of electric energy consumption by village recipients over a long–term horizon based on fuzzy logic // teka kom. mot. i energ. roln. – ol pan, 11c, 327 – 334.

METHOD OF CONCEPTUAL MODEL WORKING OUT OF THE FIELD HUSBANDRY MANAGEMENT AND INFORMATION SYSTEMS

Summary. The systematic approach to the creation of a conceptual model of field husbandry management and information systems are discovered. The causal relationships between the main components, indices and parameters of these systems are grounded. The research and methodological basis for the creation of the conceptual model of field husbandry management and information systems are worked out.

Key words: management, information, system, model, field husbandry.

FUZZY LOGIC КОНТРОЛЛЕР СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Валерий Сиротюк, Владимир Гальчак, Сергей Сиротюк
Львовский национальный аграрный университет, Украина
Valery Syrotyuk, Volodymyr Halchak, Serhiy Syrotyuk
Lviv National Agrarian University, Ukraine

Аннотация. Представлена методика и результаты разработки контроллера солнечной гибридной водогрейной установки на базе виртуальных прикладных инструментов нечеткой логики в программной среде LabVIEW.

Ключевые слова: нечеткая логика, контроллер, солнечная гибридная водогрейная установка, виртуальные инструменты.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Использование энергии Солнца в Украине приобретает все большее распространение. Среди систем солнечного энергообеспечения можно выделить солнечные тепловые и фотоэлектрические системы. Первые из указанных являются основой систем горячего водоснабжения и поддержки систем отопления, которые могут работать как в автономном режиме, так и с использованием дублирующего источника. В соответствии со спецификой поступления солнечной энергии гарантировать полное замещение энергии только от солнечной установки экономически нецелесообразно. Обычно такие системы проектируются с уровнем замещения традиционных энергоносителей до 80% для систем горячего водоснабжения и до 50% для систем отопления. То есть применение солнечной тепловой установки предусматривает обязательное наличие дублирующего источника энергии.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Ведущие фирмы, занимающиеся разработкой солнечных систем горячего водоснабжения, производят контроллеры для управления их режимами работы [2, 3]. Однако, большинство контроллеров солнеч-

ных тепловых систем осуществляют управление режимом работы циркуляционного насоса на основании информации о температурах коллектора и бака-аккумулятора. Работой ТЭНа управляет отдельный терморегулятор, что приводит к перерасходу электроэнергии и недоиспользование потенциала солнечной энергии вследствие включения ТЭНа в период высокой вероятности поступления солнечной радиации в последующий период времени. Такая ситуация наблюдается в ночное и утреннее периоды суток при высокой вероятности солнечной погоды.

Поэтому управление такой комбинированной системой должно иметь так называемую интеллектуальную составляющую, которая может быть реализована на базе Fuzzy Logic контроллеров.

ПОСТАНОВКА ЗАДАНИЯ

Особенностью разрабатываемого контроллера является адаптация работы гибридной системы к вероятности поступления солнечной энергии в начале светового дня при солнечной погоде. То есть, режим работы ТЭНа оценивается уровнем освещенности и другими факторами. Например, при достаточном уровне освещенности в течение предыдущего дня обуславливает высокий уровень вероятности наличия такой же погоды на следующий день и, соответственно, нет необходимости нагревать бак-аккумулятор ТЭНам к номинальной температуры, оставив резерв для восприятия солнечной энергии. В случае отсутствия освещенности вследствие ухудшения погоды на следующий день, ТЭН будет поддерживать уровень нагрева воды в баке-аккумуляторе на минимально допустимом уровне. Структурная схема разрабатываемого контроллера приведена на рис. 1.

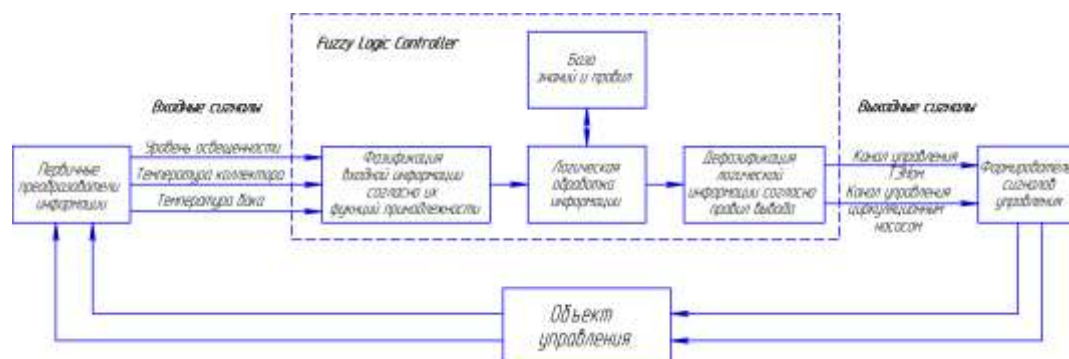


Рис. 1. Структурная схема Fuzzy Logic контроллера управления гибридной водогрейной установкой

Fig. 1. Block diagram model of Fuzzy Logic Controller of the hybrid hot water system operation

В данном контроллере блок фаззификации осуществляет преобразование входных четких сигналов, поступающих с датчиков температур коллектора и бака-аккумулятора, а также уровня освещенности в сигналы нечеткой логики на базе функций принадлежности для каждого вида сигнала. В блоке логической обработки информации осуществляется ее обработка по алгоритмам нечеткой логики с учетом базы знаний и правил. Формирование четких сигналов управления осуществляется в блоке дефаззификации согласно выбранного алгоритма нечеткого вывода. Согласование выходных сигналов управления контроллера с входными исполнительных устройств осуществляется в блоке формирования сигналов управления.

Такого типа солнечные контроллеры могут быть реализованы на базе микроконтроллеров, например фирмы ATMEЛ, или же на базе персональных компьютеров, которые кроме того могут выполнять другие функции пользователя. Однако, применение персональных компьютеров предусматривает наличие дополнительных аппаратно-программных средств.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Нами реализован солнечный контроллер на базе аппаратно – программных средств фирмы National Instruments с использованием программной среды LabVIEW, содержащей прикладной инструмент «Control Design and Simulation». Применение данного прикладного

инструмента позволяет в палитре «Fuzzy Logic Designer» осуществить удобное проектирование всех этапов реализации солнечного контроллера. В частности, разработка функций принадлежности, формирование базы знаний и правил и правил вывода.

На первом этапе в закладке «Variables» осуществляется разработка функций принадлежности для каждого из входных и выходных сигналов с выбором формы и количества термов.

Верхняя часть рабочего окна закладки «Variables» служит для разработки функций принадлежности для фаззификации входных сигналов «Input variables» с отражением их вида в окне «Input variables membership functions», а нижняя – для разработки функций принадлежности для дефаззификации выходных сигналов «Output variables» с соответствующим отражением в окне «Output variables membership functions» (рис. 2).

Формирование конфигурации функций принадлежности может быть осуществлено в интерактивном режиме с использованием манипулятора «мышь».

На следующем этапе в закладке «Rules» осуществляется разработка базы правил. В окне «Rules» формируется база правил обработки информации по алгоритмам нечеткой логики с учетом всех комбинаций входных и выходных сигналов (рис. 3). В окне «Defuzzification method» выбирается алгоритм вывода. В разрабатываемом контроллере применен метод вывода «Mamdani» (Center of Area).

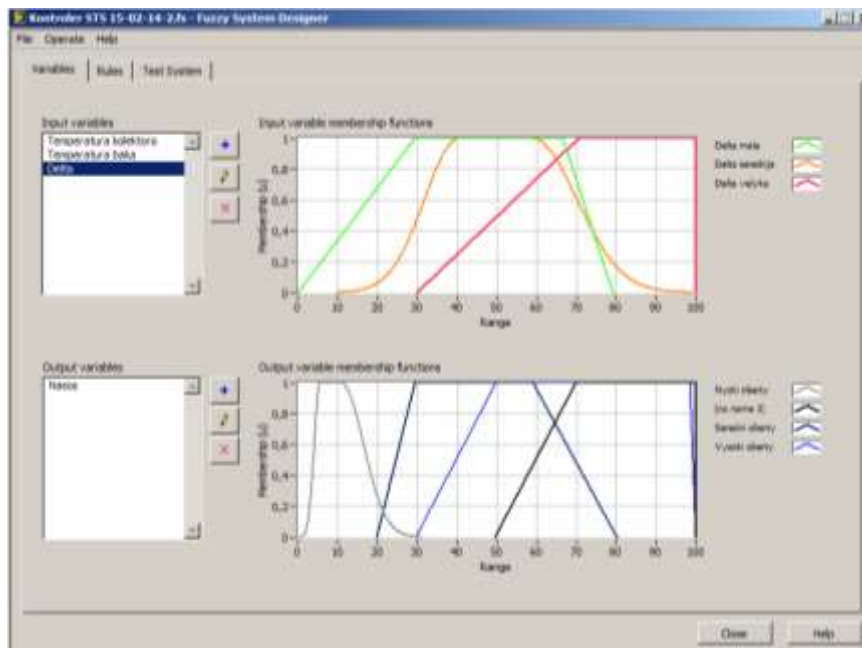


Рис. 2. Фрагмент рабочего окна разработки функций принадлежности
 Fig. 2. Fragment of a work window of elaboration of membership functions

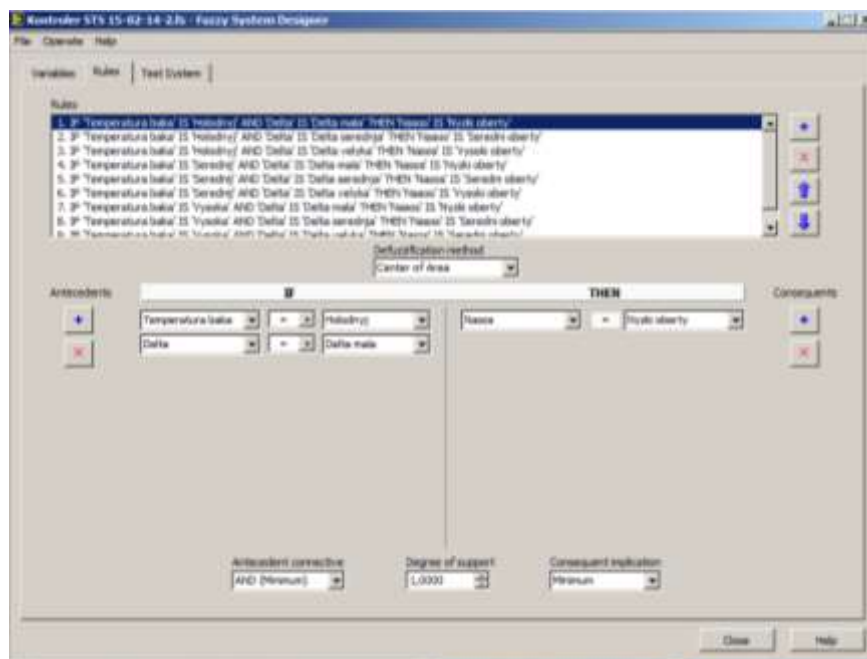


Рис. 3. Фрагмент рабочего окна формирования базы правил обработки информации
 Fig. 3. Fragment of a work window of creation of the base of rules for information processing

Процесс настройки солнечного контроллера осуществляется с использованием закладки «Test System», где в окне «Input / Output relationship» отражаются поверхность отклика зависимости управляющих сигналов от значений входных величин (рис. 4). Кроме того, предусмотрено визуализация входных и выходных величин и текущего значения правил по которым они обрабатывались.

После настройки системы осуществляется разработка экранного интерфейса – фронтальной панели виртуального прибора для оператора (рис. 5). Программная часть контроллера выполняется в виде блок-диаграммы (рис. 6) с использованием специального языка графического программирования.

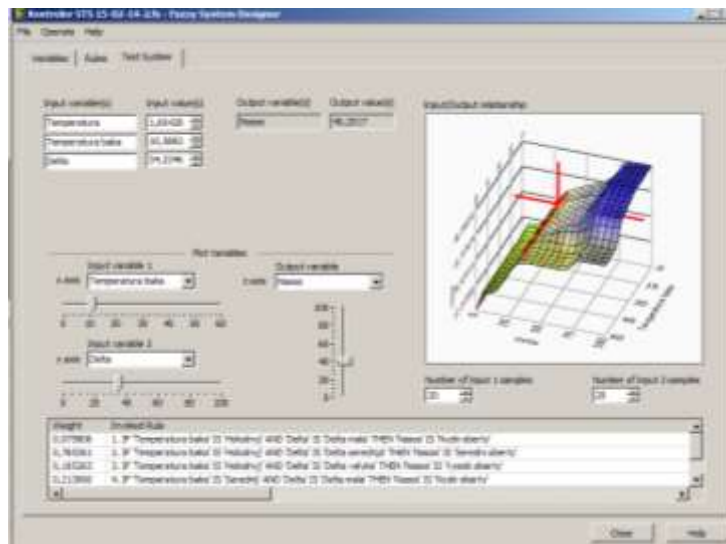


Рис. 4. Фрагмент рабочего окна настройки системы
 Fig. 4. Fragment of a work window of a setup system



Рис. 5. Фронтальная панель виртуального прибора
 Fig. 5. Front panel of a virtual device

Регулирование теплового режима работы солнечной системы осуществляется изменением производительности циркуляционного насоса, который работает в широтно–импульсно–модулированном режиме с управлением от отдельного контроллера, входным сигналом которого является аналоговый сигнал, сформированным разрабатываемой системой.

Управление ТЭНом осуществляется с использованием оптоэлектронного коммутатора, управление которым

осуществляется дискретным сигналом разрабатываемой системы управления.

ВЫВОДЫ

Реализация разработанной системы обеспечивает минимизацию использования электрической энергии циркуляционным насосом и ТЭНом при условии обеспечения надежности и соответствия параметров системы горячего водоснабжения и максимального восприятия солнечной энергии.

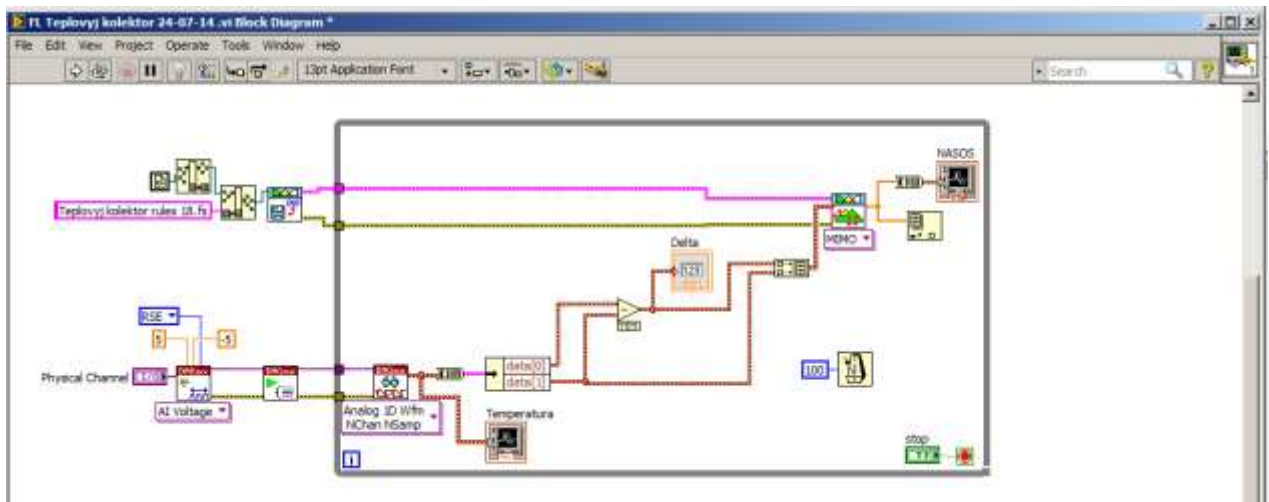


Рис. 6. Блок-диаграмма программной части прибора
Fig. 6. Block diagram of the device software

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. LabVIEW: PID and Fuzzy Logic Toolkit User Manual. – Texas, 2009. – 126. Режим доступа: <http://www.ni.com/pdf/manuals/372192d.pdf>.
2. RESOL Delta Sol Pool: Mounting, Connection, Operation. Режим доступа: http://www.resol.de/Produktdokumente/48003131_DeltaSol_Pool.monen.pdf.
3. Контроллер SintSolar К-4М и К-4_din. Режим доступа: http://www.sintsolar.com.ua/Контроллер_К-4_Краткое_описание.pdf.
4. Implementation of fuzzy logic control algorithm in embedded microcomputers for dedicated application G.S. Nhivekar, S.S. Nirmale, R.R. Mudholker. Режим доступа: <http://www.ajol.info/index.php/ijest/article/view/File/68559/56636>.
5. Leonenkov A.V. 2005. Nechetkoye modelirovaniye v srede MATLAB i Fuzzy TECH. – SPb.: BKHVPeterburg. – 736.
6. Kravets' P., Kirkalo R. 2009. Sistemi priynyattya rishen' z nechitkoyu logikoyu. Visnik natsional'nogo universitetu «L'viv's'ka politehnika» «Komp'yuterni nauki ta informatsiyni tekhnologii». – № 650. – L'viv. – 115–123. Режим доступа: <http://masters.donntu.edu.ua/2011/fknt/godetskiy/library/docs/10.pdf>.
7. Design and Implementation of a Water Level Controller using Fuzzy Logic Namrata Dey, Ria Mandal, Monica Subashini. / International Journal of Engineering and Technology (IJET). Режим доступа: <http://www.enggjournals.com/ijet/docs/IJET13-05-03-096.pdf>.
8. Gostev V.I. 2008. Nechekiye regulatory v sistemakh avtomaticheskogo upravleniya. – K.: Radioamator. – 972.
9. Gostev V.I. 1990. Sistemy upravleniya s tsifrovymi regulyatorami. – K.: Tekhnika. – 280.
10. Development of an Automated Wind Turbine Using Fuzzy Logic. Raymond B. Gavino John Christopher Y. Ng Richmond L. Ng Bryan L. Tan Alvin Y. Chua DLSU Engineering e-Journal Vol. 1 No. 1, March 2007. – 28-42. Режим доступа: <http://www.dlsu.edu.ph/research/journals/dlsuengj/mar07/chua2.pdf>.
11. Shevri F. Nechetkaya logika. / F. Shevri, F. Geli. Режим доступа: http://www.academia.edu/6528962/_Schneider_Electric.
12. Lyu B. 2005. Teoriya i praktika neopredelennoogo programmirovaniya. / B. Lyu; Per. s angl. – M.: BINOM. Laboratoriya znaniy. – 416.
13. Fuzzy Logic PID Control of Automatic Voltage Regulator System Aye Aye Mon World Academy of Science, Engineering and Technology. – Vol: 26. 2009.02.24. – 901–905. Режим доступа: <http://waset.org/publications/7666/fuzzy-logic-pid-control-of-automatic-voltage-regulator-system>.
14. Gostev V.I., Tkachenko A.L., Kucher S.V. 2011. Sposib realizatsii nechitkogo regulatora na mikrokontroleri AVR firmi Atmel. / Zbirnik naukovikh prats' VITI NTUU «KPI». – № 2. – 29-35.

15. Syavavko M. 2011. Matematika prikhovanikh mozhlivostey: navchal'niy posibnik.– Ostrog: Vidavnistvo Natsional'nogo universitetu «Ostroz'ka akademiya». – 396.
16. Voloshin, O.F. 2010. Modeli ta metodi priynyattya rishen': navch. posib. dlya stud. vishch. navch. zakl. / O.F. Voloshin, S.O. Mashchenko. – 2-ge vid., pererob. ta dopov. – K.: Vidavnicho-polígrafichniy tsentr «Kiivs'kiy universitet». 336.
17. Kruglov V.V. 2001. Nechítka logíka í shtuchní neyronní merezhí / V.V. Kruglov, M.I. Dli, R. YU. Golun'. – M.: Fizmatlit. 224.
18. Shtovba, S.D. Vvedennya v teoriyu nechitkikh mnozhin i nechitku logiku [Yelektronniy resurs] / S.D. Shtovba. - Rezhim dostupu: <http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1/index.php>.
19. Rotshteyn O.P. 2007. Modelyuvannya ta optimizatsiya nadiynosti bagatovimirnikh algoritmichnikh protsesiv. / O.P. Rotshteyn, S.D. Shtovba, O.M. Kozachko. Monografiya. – Vinnitsya: Universum – Vinnitsya. – 211.
20. Bogucki M. 2009. Optymalizacja doswiadczalna. Wariant jednokryterialny. – Motrol. Lublin. – Tom 11. 22-30.
21. Syrotyuk S. 2011. Mathematical model of system of complex use of renewable energy sources in technological processes of agrarian production. / S. Syrotyuk. Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW: Agriculture (Agricultural and Forest Engineering). Warsaw. – №58. 79–84.
22. Syrotyuk S. 2012. Upravleniye rezhimami raboty avtonomnoy vetroelektricheskoy ustanovki. Motrol. Lublin.– Tom 14. 126–130.

FUZZY LOGIC CONTROLLER OF A SOLAR HOT WATER SYSTEM

Summary. The work presents methods and results of elaboration of a controller of solar hybrid hot water system basing on virtual applied tools of fuzzy logic in software LabVIEW.

Key words: fuzzy logic, controller, solar hybrid hot water system, virtual instruments.

ПУТИ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ПОДГОТОВКИ СЕМЯН МЕЛКОСЕМЕННЫХ КУЛЬТУР

Степан Ковалишин, Виктор Дадак, Виталий Соколюк, Владимир Жолобка

Львовский национальный аграрный университет, Украина

Станислав Сосновський

Жешувский университет, Польша

Stepan Kovalyshyn, Viktor Dadak, Vitaliy Sokolyk, Vladimir Zholobko

Lviv National Agrarian University, Ukraine

Stanislaw Sosnovsky

Zesovsky University, Poland

Аннотация. Определены пути усовершенствования послеуборочной обработки семян мелкосеменных культур. Установлено, что существенно повысить качество их посевного материала, извлечь из него семена трудноразделимых сорняков возможно в процессе вторичной очистки с использованием специальных машин, которые в качестве рабочего органа используют электрическое поле. При таких условиях можно получить высококачественный семенной материал, который соответствует требованиям существующих стандартов на качественные показатели семян сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: семена, послеуборочная подготовка, электробарабанный сепаратор, электрический пневмосепаратор.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

К мелкосеменным культурам относят те, масса 1000 семян которых не превышает 5 грамм. Этому условию соответствует множество кормовых, овощных, технических и отдельных зерновых культур.

Получить их высококачественный семенной материал достаточно трудно, поскольку в нем, в большинстве случаев, присутствуют трудноразделимые семена сорняков [7 – 11]. Вследствие этого агрохозяйства производят посев некондиционным семенным материалом. В связи с этим посевы засоряются, а высокий коэффициент их размножения приводит к их существенному увеличению в основной

культуре, что в свою очередь затрудняет процесс послеуборочной обработки.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В последнее время в Украине существенно увеличиваются площади выращивания мелкосеменных культур. К 2015 году планируется довести площади посева кормовых трав до 2 млн га [1], овощей – до 0,6 млн. га [2], рапса, как основной технической мелкосемянной культуры – до 1,5 млн га [3]. При таких условиях на первый план выступает вопрос обеспечения агроформирований достаточным количеством высококачественного семенного материала, решение которого позволяет каждому хозяйству получать высокие и стабильные урожаи [4].

В системе мероприятий по увеличению производства семян наряду с современными агротехническими операциями важное место занимает послеуборочная обработка семенного материала. Вся работа по его производству может быть сведена до минимума просчетами в организации доведения семян до нужных кондиций [5, 6]. Для очистки семян мелкосеменных овощных и технических культур рекомендуются машины ВС–2, ВСОК, СУ–0,1, ОС–1,0, ОСМ–3, ОСМ–3У, ОВЛ–1, ОСВ–10, ОС–4,5А, ВС–10, ЗВС–20, ЗАВ–10.30000, СВУ–5А, "Петкус–Вибрант"К-521/1, "Петкус–Вута" К-527А, К–546А, К–522, К–528, "Петкус–Селектра" К-218/1, "Петкус–Супер" К-212, "Петкус–Супер" К–541А01, ТУ–400,

БТ-5, ЗАВ–10.90.000, К–219 "Петкус", К–553
"Петкус" и другие [7].

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Применение вышеперечисленных машин в различных сочетаниях позволяет полностью выделять большинство семян сорных растений и, частично, трудноотделимых. Однако их содержание все же превышает допустимые нормы [12], которые установлены стандартами к оригинальному, элитному и репродуктивному семенному материалу. В следствии этого существует необходимость усовершенствования конструкций и разработки новых семяочистительных машин, расширения признаков делимости семенных смесей. Интенсифицировать процесс послеуборочной обработки возможно путем использования в этих машинах как дополнительного рабочего органа электрического поля.

Поскольку семена культуры и сорняка относятся к разным биологическим видам, то их электрические свойства будут по-разному взаимодействовать с рабочим органом, что свидетельствует о возможности их эффективного разделения.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Трудности послеуборочной обработки семян мелкосеменных культур в большинстве случаев связаны с тем, что:

1 – основные геометрические размеры компонентов мелкосеменных смесей – длина, ширина, высота – имеют небольшие значения, вследствие чего их трудно разделять на решетках;

2 – аэродинамические свойства компонентов мало отличаются между собой, что приводит к неэффективному разделению у воздушных потоках;

3 – состояние поверхности, что выражается коэффициентом трения покоя, для семян культурных и сорных растений варьирует в узких пределах, в результате чего сепарирование на фрикционных

поверхностях не всегда дает желаемый результат;

4 – в большинстве случаев значения основных физико-механических свойств отличаются несущественно, что свидетельствует о значительных трудностях, а во многих случаях – и невозможности отделения на существующих семяочистительных машинах семян сорняков от посевного материала культурных растений;

5 – многие виды семян сорняков, которые засоряют мелкосеменные сельскохозяйственные культуры, относятся к трудноразделимым примесям. Для каждого культурного растения таких примесей насчитывается не менее пяти, а это в свою очередь приводит к усложнению процесса очистки и ухудшению качества продуктов разделения;

6 – для различного по назначению посевного материала (оригинального, элитного, репродуктивного) государственными стандартами установлено содержание в нем семян сорняков. Относительно большинства сельскохозяйственных культур оно ограничивается процентным содержанием. Для мелкосеменных смесей этот процент должен составлять в пределах 0,2 – 1%. Однако для них, в отличие от других, регламентировано также количественное содержание вредных семян – от 60 до 600 штук в одном килограмме, что значительно повышает требования к процессу послеуборочной обработки этих культур.

Приведенные причины получения некачественного посевного материала требуют искать пути решения в направлении усовершенствования технологии и технических средств его послеуборочной обработки.

В настоящее время наиболее распространенная технология обработки мелкосеменных смесей включает первичную, вторичную и дополнительную очистки (рис. 1).

Анализ представленной технологии свидетельствует, что особенно важным является III этап, который включает дополнительную очистку. Однако

ПУТИ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ПОДГОТОВКИ СЕМЯН МЕЛКОСЕМЕННЫХ КУЛЬТУР

используемые при этом семяочистительные машины не всегда обеспечивают ожидаемый результат качества очистки, поскольку они, в большинстве случаев, производят разделение за отдельными физико-механическими свойствами, которые мало отличаются у компонентов мелкосеменных смесей. Повысить качество дополнительной очистки и достичь семенного материала, который отвечал бы требованиям

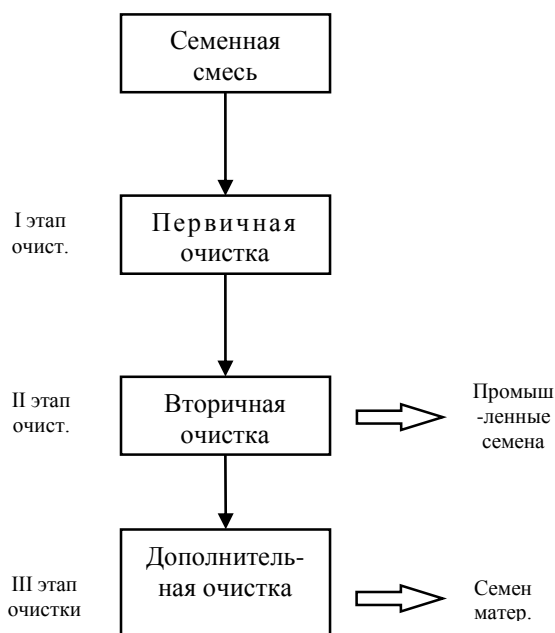


Рис. 1. Технология послеуборочной обработки семян

Fig. 1. Technology of postharvest seed treatment

существующих стандартов, можно при условии использования в семяочистительных машинах как дополнительного рабочего органа электрического поля. Электросепарирование базируется на взаимодействии заряженных частиц семенных смесей с рабочим органом сепаратора. Поскольку семена культуры и сорняка относятся к отдельным биологическим видам, то их электрические свойства будут отличаться. Поэтому они будут получать разный заряд и по-разному взаимодействовать с рабочим органом. При таких условиях можно ожидать положительный эффект от процесса отделения трудноотделимых примесей из семян культурных растений. Учитывая это,

во Львовском национальном аграрном университете разработано множество конструкций семяочистительных машин для дополнительной очистки, которые в качестве рабочего органа используют электрическое поле [16].

На рис. 2. приведена технологическая схема электровиброфрикционного сепаратора.

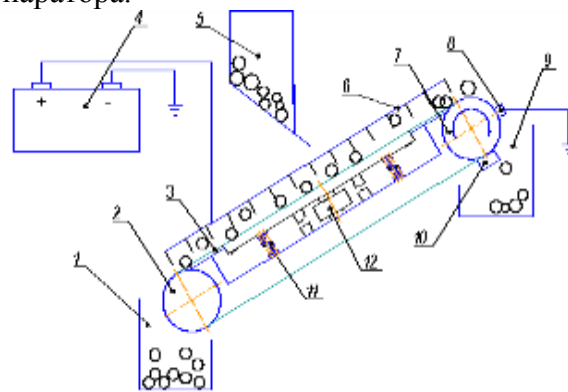


Рис. 2. Технологическая схема электровиброфрикционного сепаратора:

1 – приемник семян, 2 – ведомый валик; 3 – сепарирующая плоскость в виде бесконечной ленты; 4 – источник высокого напряжения; 5 – бункер-питатель; 6 – игольчатый коронирующий электрод; 7 – ведущий валик; 8 – графитные щетки; 9 – приемник отходов; 10 – отделитель залипших семян; 11 – вибрационный механизм; 12 – электромагнит

Fig. 2. Technological scheme of electrovibrofriction separator:

2 – driven shaft; 3 – separating space in the form of endless belt; 4 – high voltage source; 5 – feed-bin; 6 – needle corona electrode; 7 – main shaft; 8 – graphite brushes; 9 – waste-receptacle; 10 – separator of stuck together seeds; 11 – vibrating mechanism; 12 – electro-magnet

Сепаратор работает следующим образом. Из бункера-питателя 5 семенная смесь подается на сепарирующую плоскость 3. Проходя сквозь коронирующие электроды компоненты смеси, получают определенный заряд. Крупные, качественные семена получают меньшее его значение и за счет наклона ленты скатываются по ней в приемник семян 1. Примеси, поврежденные и мертвые семена получают больший заряд и

за счет действия электрического поля прижимаются к ленте и вместе с ней выносятся вверх к приемнику отходов 9, где снимаются с поверхности ленты отделителем 10. Таким образом происходит разделение семенной смеси по совокупности физико-механических и электрических свойств.

Особенностью конструкции электровиброфрикционного сепаратора (рис. 2) является установленный под рабочей веткой сепарирующей ленты 3 вибрационный механизм 11, который приводится в действие от электромагнита 12. С его помощью лента получает колебания определенной частоты и амплитуды, что повышает эффективность сепарирования.

На рис. 3 приведена схема электробарабанного сепаратора семян.

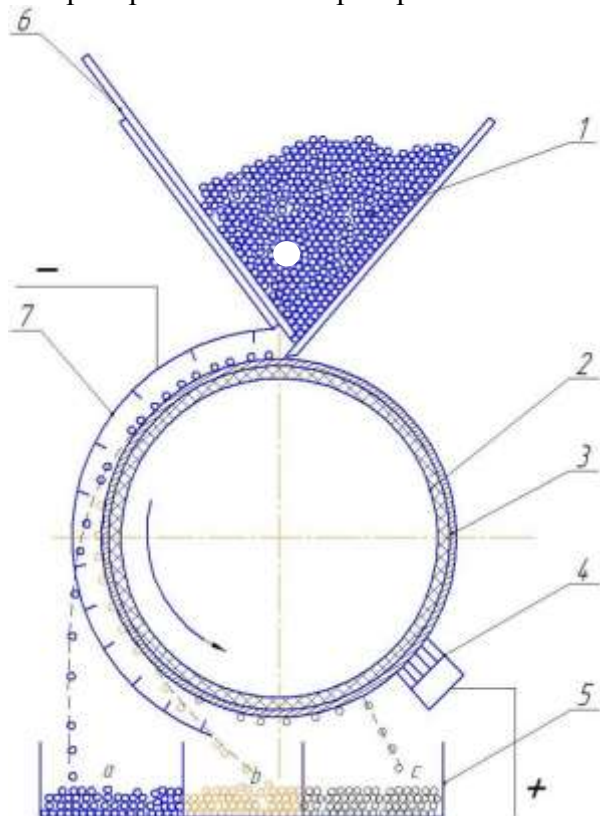


Рис. 3. Технологическая схема

электробарабанного сепаратора семян:

1 – бункер; 2 – барабан; 3 – электропроводящая обмотка; 4 – щетка; 5 – приемные ячейки; 6 – заслонка; 7 – коронирующий электрод

Fig. 3. Technological scheme of electro-drum seed-separator:

1 – bin; 2 – drum; 3 – electrical coil; 5 – receiving cell; 4 – brush; 6 – damper; 7 – corona electrode

Он состоит из загрузочного бункера 1 с заслонкой 6 для регулирования подачи семян, барабана 2, электропроводящей поверхности барабана 3, приемных ячеек 5 для продуктов разделения, щеток 4, коронирующего электрода 7.

Работает данный сепаратор следующим образом. Семенная смесь из бункера 1 попадает на электропроводящую поверхность барабана 3. Проходя через коронирующий электрод 7, ее компоненты получают заряд. Для семян разного качества, а также отдельных биологических видов, значение заряда может существенно отличаться. В следствии этого семена притягиваются к поверхности 3 с разной силой и при вращении барабана разделяются на несколько фракций, которые попадают в соответствующие приемные ячейки 5.

В первую по ходу вращения барабана ячейку попадают качественные, а в последнюю – наиболее некачественные, мертвые, с низким биологическим потенциалом семена. Такое устройство может сепарировать семена различных форм, вследствие чего оно есть универсальным.

Разработана также конструкция электрического пневмосепаратора (рис. 4).

В нем разделение происходит за совокупностью аэродинамических и электрических свойств компонентов смеси.

Работает пневмосепаратор следующим образом. Семенная смесь подается из загрузочного бункера 6 с помощью регулируемого вибродозатора 5 до пневматического сепарировального канала 4.

В нем установлены две электропроводящие пластины (электроды) 2, на которые подается постоянное высокое напряжение от источника высокого напряжения 5 (рис. 5).

Для более точной подачи семян на выходе из бункера установлена заслонка 5, которая регулируется винтовым механизмом. Управление работой электродвигателя вентилятора 1, вибродозатора 6 и питания электропроводящих пластин 4

ПУТИ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ПОДГОТОВКИ СЕМЯН МЕЛКОСЕМЕННЫХ КУЛЬТУР

осуществляется с пульта управления 13. Определение расхода воздуха осуществляется расходомерами воздуха 15, а управление его расходом – рычагом 14.

В предложенном пневмоэлектросепараторе семенная смесь разделяется на три фракции: Ф1 – качественные семена; Ф2 – щуплые семена; Ф3 – семена без зародыша, легкие примеси (рис. 4).

Компоненты семенной смеси в канале пневмосепаратора поддаются действию воздушного потока. Его влияние зависит от миделевой площади семян, которая равна проекции площади семени на плоскость, перпендикулярной до направления воздушного потока.

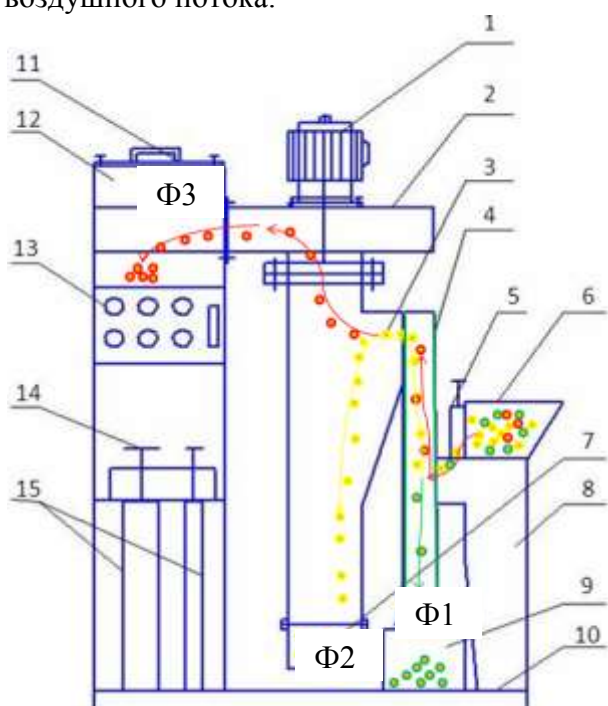


Рис. 4. Технологическая схема электрического пневмосепаратора:

1 – электродвигатель привода вентилятора; 2 – корпус вентилятора; 3 – вакуум-провод; 4 – сепарировальный канал; 5 – заслонка подачи семян; 6 – загрузочный бункер; 7 – семенная емкость; 8 – крепления загрузочного бункера; 9 – емкость для тяжелых примесей; 10 – станина; 11 – крышка ловушки легких примесей; 12 – корпус ловушки легких примесей; 13 – пульт управления; 14 – рычаг управления расходомером воздуха; 15 – расходомеры воздуха

Fig. 4. Technological scheme of electric pneumatic (air) separator:

1 – electric motor of fan drive; 2 – fan housing; 3 – vacuum hose; 4 – seed drill tube; 5 – damper of seed delivering; 6 – loader bin; 7 – seed-vessel; 8 – mounting of loader bin; 9 – heavy impurity container; 10 – bed plate; 11 – trap of light impurity; 12 – housing of trap of light impurity; 13 – control panel; 14 – handle of air meter; 15 – air meters

Электрическое поле, которое создается между пластинами 2, ориентирует семена вдоль силовых линий. Вследствие его действия семена сорняков и культурных растений будут ориентироваться в канале 1 под разными кутами, изменяя таким образом их миделевую площадь, и по – разному будут воспринимать силу воздушного потока.

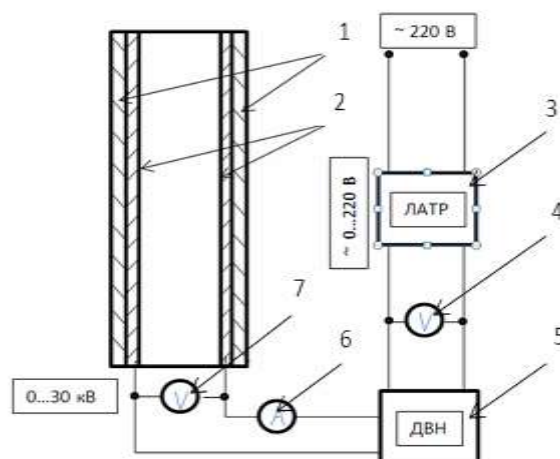


Рис. 5. Сепарировальный канал с электропроводящими пластинами:

1 – сепарировальный канал; 2 – электрические пластины (электроды); 3 – лабораторный автотрансформатор; 4 – вольтметр; 5 – источник высокого напряжения; 6 – амперметр; 7 – киловольтметр

Fig. 5. Scheme of plates connecting:

1 – separator; 2 – electrodes; 3 – autotransformer; 4 – voltmeter; 5 – high voltage source; 6 – amperemeter; 7 – kilovoltmeter

Из этого следует, что существует возможность разделения семян, особенно эллипсоидной формы, в процессе пневмоэлектросепарирования.

Результаты работы пневмоэлектросепаратора на примере дополнительной очистки многолетних трав, целью которой было извлечение из представленной массы нежизнеспособных, мертвых, с отсутствием зародков семян, приведены в таблице. Для исследований было взято по 1000 семян семи

видов трав. Статистические вычисления проведено с помощью программы Microsoft EXCEL. Полученные средние значения представлены в таблице. Для данных исследований среднеквадратическое отклонение составило $S_c=15$, а коэффициент вариации – до $V=4\%$.

Таблица. Результаты пневмоэлектросепарирования семян
Table. Results separating seeds in electric pneumatic separator

| Название культуры | Количество семян из зародком, шт. | | к исходной смеси, % |
|-----------------------|-----------------------------------|----------------------------------|---------------------|
| | в исходном материале | после пневмоэлектросепарирования | |
| Ежа сборная | 489±3% | 983±1,3% | 50 |
| Овсяница красная | 836±2% | 952±2,3% | 12 |
| Костер безостый | 782±3,5% | 845±3,4% | 6 |
| Овсяница луговая | 631±2,4% | 967±2,1% | 33 |
| Канарник тростниковый | 688±1,8% | 984±1,9% | 40 |
| Райграсс высокий | 625±2,7% | 992±2,8% | 37 |
| Овсяница тростниковая | 813±2,3% | 981±3,8% | 17 |

Данные, наведенные в таблице, свидетельствуют о достаточно высокой эффективности работы предложенного сепаратора.

Пневмоэлектросепарирование позволяет извлечь из семенных смесей многолетних трав большинство некачественных семян, без зародков. Вследствии этого у фракции Ф1 (рис. 4) количество качественных семян составляет 95–98 %, что соответствует требованиям стандарту [12].

Разработанные конструкции семяочистительных машин, технологические схемы которых приведены на рис. 2, 3, 4, целесообразно применять в процессе дополнительной очистки мелкосеменных культур. В каждой из них в качестве дополнительного рабочего органа используется электрическое поле. Это позволяет учесть электрические свойства компонентов смеси, которые находятся в тесной взаимосвязи с биологическими свойствами семян. За счет этого можно существенно повысить качество разделения.

ВЫВОДЫ

1. Существенное увеличение площадей выращивания мелкосеменных культур требует решения вопроса обеспечения

агроформирований достаточным количеством высококачественного семенного материала.

2. Повысить качество семян мелкосеменных культур возможно путем усовершенствования его послеуборочной обработки, в частности дополнительной очистки, за счет использования семяочистительных машин, которые в качестве дополнительного рабочего органа используют электрическое поле.

3. Разработанные конструкции электровиброфрикционного и электробарабанного сепараторов, электрического пневмосепаратора позволяют существенно повысить эффективность разделения семян мелкосеменных культур в процессе дополнительной очистки и довести их качество до требований существующих стандартов на качественные показатели.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Buhaiov V.D. 2012. Suchasni tehnologii vyrobnyctva nasynnya bahatorichnyh trav / V.D. Buhaiov, S.F. Antoniv // Posibnyk ukrainskoho hliboroba. 156 – 161.
2. Kravchenko V.A. 2007. Ovochi. Vidkrutui I zakrutui grunt // V.A. Kravchenko // Nasinnuctvo. – № 6. 22 – 23.

ПУТИ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ПОДГОТОВКИ СЕМЯН
МЕЛКОСЕМЕННЫХ КУЛЬТУР

3. Baranov U.S. 2010. Suchasnyi stan ta perspektivu oliino–zurovoi galuzi Ukrainu. / U.S. Baranov, E.V. Novozulov, A.O. Biloyts // Hranenie I pererabotka zerna. – № 8 (134). 50 – 52.
4. Druncha V.M. 2010. Osnovnye konceptualnye polozenia razrabotki tehnologii podhotovki semian / V.M. Druncha, B.D. Cudendorziev, S. Pavlov. // Hranenie I pererabotka zerna. – № 5 – (131) – 36 – 38.
5. Harko I. 2003. Ochistka ta sortuvannia nasinnia ripaku / I. Harko, V. Mazur, H. Dutko // Ahrotehnika. – №4. – 1 – 6.
6. Ovsyannikova L.K. 2009. Porivnialnuy analiz dribno nasinnevuh kultur na osnovi statutuchnuh harakteristik ih rozmiriv / L. K. Ovsyannikova, S.S. Orlova, O.G. Sokolovska // Zbirn. nauk. prac. – Odeska NAHT. – Vup 36, tom 1. – 121 – 126.
7. Andreev V.V. 2007. Sovershenstvovanie tehnologicheskoho procesa ochistki semyan melkosemennyh kultur: Dys. kand. tehn. nauk: 05.20.01. – Kursk: RHB. – 146.
8. Ovsyannikova L.K. 2011. U vdoskonalenoj tehnologii pisliazbyralnoi obrobky ta zberihannia dribnonasinnievyh oliinyh kultur chumalo perevah / L.K. Ovsyannikova, N. Chervinska // Zerno I hlib. – № 3. – 42 – 44.
9. Vynohradov V.P. 1976. Ochistka semian ovoschnykh kultur // Tehnika v sel'skom hoziastve. – № 5. – 8 – 12.
10. Kolisnyk S.I., Antoniv S.F., Borona V.P. 2007. Jak otrymaty jakisne nasinnja // Nasinnyctvo. – № 4. – 5 – 17.
11. Kovalyshyn S.J. Choice of parameters of perennial grass seed processing on an electrovibration separator: Doctoral dissertation : 05.20.2001. – Lviv. – 236.
12. Ukrainian State Standards. Seeds of plant species: vegetables, hippocastanaceae, fodder and intoxicating-aromatic. Varietal and sowing quality. Technical standard: DSTU 7160.
13. Horyński M. 2005. Electric Properties In Milling Quality Verification For Crop Grain / M. Horyński. // Motoryzacja i energetyka rolnictwa // Motropol. – Lublin. – Tom 7. – 219–225.
14. Ribaruk V. J. 1998. Agricultural machinery. Calculations practice and solutions of operation processes. / Ribaruk V.J., Lipka I.I. – Lviv – 263 p.
15. Siarkowski Z., Lebedowicz W., Maciejewski M. 2005. Metoda Doboru Pod Względem Energetycznym Maszyn I Urządzeń Stosowanych W Produkcji Zbóż Na Pasze // Z. Siarkowski, W. Lebedowicz, M. Maciejewski // Motoryzacja i energetyka rolnictwa : Motropol. – Lublin. – T. 7. – 119–123.
16. Yusupov R., Yusupova G. 2004. Disinfection of grain by electromagnetic field energy / R. Yusupov, G. Yusupova // Motoryzacja i energetyka rolnictwa : Motropol. – Lublin. – T. 6. – 289 – 295.
17. Kovalyshyn S.J., Shvets O.P., Grundas S., and Tys J. 2013. Use of the electro – separation method for improvement of the utility value of winter rapeseeds. // S.J. Kovalyshyn, O.P. Shvets, S. Grundas, and J. Tys Int. Agrophysics. –T. 27. – 491 – 494.
18. Zaika P.M. 2006. Theory of agricultural machines. -Vol. 3, Chapter 7. Seed cleaning and separation. „Oko” Kharkiv. – 25 – 30.
19. Kovalyshyn S.J., Dadak V.O. 2014. Pidvyshchennya efektyvnosti pnevmoseparuvannya nasinnia kormovykh trav. // S.J. Kova-lyshyn, V.O. Dadak // Visnyk Harkivskoho nacionalnoho tehnicnoho universytetu im. Petra Vasylenka: Tehnicni systemy i tehnologii tvarynnyctva. – Vol. 144. – 225–232.

WAYS OF IMPROVEMENT OF
POSTHARVEST SEED-PREPARATION
OF SMALL-SEEDED PLANTS

Summary. Ways of improvement of postharvest seed-preparation of small-seeded plants are determined. It is highlighted that to improve the quality of the seed and to take out the weeds which are difficult to identify are possible in the process of additional seed-cleaning using proper machines which use electric current and corona discharge as additional operating element. Under such conditions it is possible to get high quality seed material of studied small-seeded plants that meet the demands of the existing standards.

Key words: seeds, postharvest preparation, electro-vibrofriction separator, drum separator, electric air separator mill.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛОГИСТИЧНОГО СЕРВИСА АГРОПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

Георгий Черевко, Олег Крупич, Степан Крупич
Львовский национальный аграрный университет, Украина

Станислав Сосновский

Жешувский университет, Польша

Heorhii Cherevko, Oleg Krupych, Stepan Krupych

Lviv National Agrarian University, Ukraine

Stanislaw Sosnovsky

Zesovsky University, Poland

Аннотация. Представлены основные результаты исследований проблемы повышения эффективности логистического сервиса крупных производителей сельскохозяйственной продукции и отдельных его путей. Особое внимание сосредоточено на правильном понимании сущности логистики как науки и вида деятельности, логистических систем и логистических цепей, их отдельных звеньев и элементов; упорядочиванию нормативного та организационно-правового регулирования логистических процессов, оптимизацию транспортных процессов и построение складской сети; целесообразности и возможности внедрения на предприятиях логистично-информационных систем. Предложено схему, ориентированную на сбыт модели интегрированной логистической информационной системы предприятия агробизнеса, что связано с внедрением во все сферы агробизнеса информационно-компьютерных технологий.

Ключевые слова: логистика, логистический сервис, эффективность, логистические цепи, транспортировка, состояние дорог, логистично-информационные системы.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Одной из основных задач комплексного логистического обслуживания сельскохозяйственных предприятий есть долгосрочное и краткосрочное планирование инфраструктурных мощностей для своевременного выполнения логистических заданий из вывоза сельскохозяйственной продукции, её дальнейшей переработки, сохранения и своевременной доставки продуктов питания к конечному потребителю. Но при стратегическом

планировании, как правило, не учитываются результаты анализа всех звеньев, которые составляют единую цепь реализации логистического сервиса, поскольку такой анализ и не проводится. Поэтому проблема состоит в идентификации этих составляющих общей логистической цепи в каждом конкретном случае, выявлении наиболее слабого из них и факторов, что на них влияют, и в соответствующем поиске путей реализации возможностей улучшения ситуации.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Имеющаяся уже сегодня практика свидетельствует, что логистика как наука и практика в структуре менеджмента выступает надежным помощником в развитии деятельности предприятия. Среди зарубежных и украинских ученых, занимающихся проблемами логистики в экономике, особого внимания заслуживают Е. Адам, Б. Аникин, О. Гаджинский, В. Дегтяренко, Т. Дяченко, А. Кальченко, О. Кириченко, В. Козлов, В. Козловский, Т. Косарева, Ф. Котлер, С. Крикавский, Я. Кучерова, Ю. Лебединский, И. Луценко, Е. Мних, В. Николайчук, М. Окландер, В. Павлов, Б. Плоткин, Я. Плоткин, Б. Рендер, А. Родников, М. Савруков, А. Смехов, Н. Чернопыска, Н. Чухрай, О. Шульман, Р. Юнеман и ряд других. Остаются и на далее полностью не решенными вопросы адекватного понимания сути и значения логистики. Отсутствуют научно обоснованные конкретные алгоритмы внедрения логистики и логистической службы на предприятиях АПК; не разработаны учебные программы подготовки специалистов с логистики для

данной сферы экономики, недостаточно убедительной и не конкретной есть система показателей и методика определения эффективности логистики, а в сфере аграрной экономики они вообще отсутствуют. Выше изложенное обуславливает низкую эффективность логистического сервиса в аграрной сфере экономики, актуальность и целесообразность проведения исследований возможностей повышения данной эффективности.

Объектом проведенного исследования являются процессы использования возможностей внедрения в практику хозяйствования предприятий АПК логистического подхода к управлению материально-информационными потоками с целью повышения уровня их конкурентоспособности на современном рынке и эффективности самого логистического сервиса агропроизводителей. Методика проведенного исследования основывается на применении диалектического подхода к явлениям, которые изучались; с учетом конкретных экономических условий и реального состояния экономической, политической и социальной ситуации в стране; в органическом единстве исторических аспектов явления логике прохождения этого процесса. С помощью метода научной абстракции вместе с методом синтеза и анализа в ходе исследования обоснована необходимость применения логистического подхода к управлению материально-информационными потоками с целью повышения уровня эффективности логистического сервиса, изучены и систематизированы факторы, влияющие на эту эффективность. Монографический метод дал возможность изучить опыт и особенности реализации указанных процессов в АПК Украины на примере ее агрохолдингов.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Задачей данной статьи является представление результатов исследования ключевых факторов эффективности логистического сервиса агропроизводителей и возможностей ее повышения на основе

оптимизации функционирования отдельных звеньев единой цепочки реализации логистического сервиса и внедрение на предприятиях информационно-логистических систем.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Терминологические основы

Оказывается, отдельные элементы логистики в нашей стране (определение оптимального размера запасов, методы решения транспортных проблем и т.д.) были известны и развиты учеными и разработчиками народнохозяйственных, отраслевых и подотраслевых пятилетних и долгосрочных планов экономического и социального развития, а также целевых государственных программ различного содержания (от освоения космоса до целинных земель). Однако все эти элементы рассматривались отдельно, а логистика рассматривает их во взаимосвязи и взаимозависимости с целью обеспечения соответствия требованиям потребителей [9]. По планово-административного управления агропромышленным комплексом отечественные ученые, коллективы научно-исследовательских учреждений, не применяя термина «логистика», использовали присущие ей принципы и характеристики: системность, комплексность, надежность, корректность, конкретность и др. Отдельные элементы логистического управления в АПК, такие как формирование материальных запасов, материально-технической базы снабжения, хозяйственных связей, маршрутизации транспорта, контейнеризации, пакетирования и т.п., разрабатывали и внедряли [7]. Однако в условиях прошлой системы внедрения результатов таких теоретических разработок осуществлялось бессистемно, локально, без комплексного использования принципов логистики.

В экономическую терминологию США понятия логистики вошло с середины 50-х годов. В 1954 г. Пол Кампер обнаружил необходимость исследования этой стороны маркетинга, как «физическое распределение». Однако понятие «логистика» выходит за пределы этого

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛОГИСТИЧНОГО СЕРВИСА АГРОПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

узкого определения, при котором этот термин используется только для рассмотрения распределения материальных потоков [9].

Лишь недавно логистика полностью сформировалась как отдельная дисциплина науки и вид деятельности. В качестве последнего ее можно рассматривать как интегрированную функцию управления материальными потоками. Подход к логистике как к управлению движением сырья и товаров от места производства до конечного потребителя является слишком упрощенным и не раскрывает всей совокупности функций логистики [10]. Поэтому ее можно рассматривать и как междисциплинарную науку [12].

Эффективное управление материальными потоками невозможно при отсутствии мощной информационной системы, которая обеспечивает необходимыми данными для планирования и контроля функционирования логистической системы управления [6].

Логистика прежде работает на потребителя, стараясь максимально удовлетворить его запросы, предусматривая достижения желаемого результата с минимальными затратами времени и ресурсов путем оптимального сквозного управления материальными и информационными потоками [3]. Это соответствует принципам философии рыночной экономики, поскольку получить максимум прибыли предприятие может только за счет максимальной реализации продукции по максимально возможным ценам, соответствующих определенному уровню качества и потребительской полезности, а также за счет минимизации затрат на производство и реализацию этой продукции на протяжении всего потокового логистической цепи, который (по определению В. Козловского, Е. Козловской и М. Саврукова) включает три основных звена – закупки/снабжение, производство, сбыт / распределение [5].

Все проанализированные подходы к пониманию логистики включают два принципиальных момента: предметом логистики является координация и оптимизация материальных, информационных или финансовых потоков;

для логистики как науки и как вида деятельности характерны системность и целостность. Поэтому логистику можно определить как прикладную науку, изучающую возможности координации материальных, информационных и финансовых потоков с целью получения синергического эффекта на основе их системной оптимизации. Проявляется в сокращении сроков продвижения материалов, оборудования, финансов, информации, сырья и продукции, снижения затрат на их транспортировку, а также их потерь, что в совокупности является весомым синергичным фактором повышения эффективности агропромышленного комплекса и его составных элементов в целом.

Концепция логистической деятельности в действующем в настоящее время виде достаточно четко отражает основную цель управления логистической деятельностью – «...оптимизация цикла воспроизводства путем комплексного, ориентированного на потребность, формирования потока материалов и информации в производстве и распределении продукции» [13], хотя заслуживает внимания и формулирование цели управления логистической деятельностью, согласно которому она состоит в «...оптимизации предложения продукции компанией таким образом, чтобы эта продукция нашла своего потребителя в наиболее выгодных по общей рентабельности условиях» [11].

Для достижения этой цели теория управления логистикой рекомендует создания разнообразных логистических формирований, то есть – специфической формы объединения субъектов хозяйствования, которые вовлекаются в процесс поставки материалов или продукции.

Элементарным видом логистических формирований считается логистическая цепь – «... линейно упорядоченное множество физических и / или юридических лиц (производителей, дистрибьюторов, складов и т.д.), которые выполняют логистические операции, направленные на доведение материального потока от одной логистической системы к другой или до

конечного потребителя» [15]. Самая простая логистическая цепь включает в свой состав только производителя и потребителя, но в подавляющем большинстве его структура включает также различных посредников между поставщиком сырья и других материальных ресурсов и предприятием-производителем, или же – между производителем и потребителем, поскольку выполнение тех или иных функций в логистической цепи могут взять на себя различные участники, при этом общая эффективность выполнения каждым из них логистических функций может и должна определяться по критерию достижения конечной цели логистической деятельности («комплекс логистики»).

В логистической цепи традиционно выделяют отдельные звенья и элементы, которые входят в состав каждого из звеньев логистической цепи. Звеньями логистической цепи считаются: закупки материальных ресурсов; хранение материальных ресурсов на стадии производства продукции; непосредственно производство продукции; хранения готовой продукции на складах производственных предприятий; физическое распределение продукции; потребления продукции [4]. В то же время, элементами логистической цепи считаются: транспортное хозяйство, складское хозяйство, средства связи и управления; кадры.

На формирование структуры логистических цепей влияют следующие основные факторы: 1) специфика продукции, которая переносится от начального до конечного звена логистической цепи в виде материального потока; 2) отрасль экономики; 3) применяемая концепция управления; 4) объемы деятельности отдельных участников логистической цепи; 5) материалоемкость; 6) размеры и мощности материально-технической базы предприятий, их организационная структура; 7) формы организации управления материально-техническим обеспечением предприятий и т.д..

«Звено логистической системы – определенный экономически и/или функционально обособленный объект, не подлежащий дальнейшей декомпозиции в

рамках поставленной задачи по анализу или построения логистической системы, и который выполняет свою локальную цель, связанную с определенными логистическими операциями или функциями» [17].

Ключевые факторы эффективности логистического сервиса агропроизводителей

По теории и согласно практики внедрения и эксплуатации бизнес-систем, эффективность логистической цепочки определяется работой ее слабого составного элемента, которым в условиях отечественной реальности является, как ни странно, водитель грузового автомобиля автотранспортной компании, от действий (или наоборот – бездействия) которого зависит не только эффективность логистических процессов своевременного вывоза продукции с полей, но и выполнение Национальной программы по обеспечению необходимого уровня продовольственной безопасности населения Украины [8]. Практика свидетельствует, что указанное звено – «водитель грузового автомобиля» (ВГА) – вынужденно занимается не непосредственным повышением эффективности своей работы, связанной с маршрутизацией и оптимизацией движения, экономией топлива на своем участке всего логистического процесса, а оперативно и грамотно «разруливает» возникающие на его пути проблемы, в отношении к перевозкам продукции, например, агрохолдингов, охватывает как плечо маршрута «от поля до внутреннего элеватора», так и плечо «от элеватора в порт». И первой и наиболее значимой из возникающих именно перед ВГА проблем вовсе не транспортного характера является состояние автотрасс и подъездных путей к местам погрузки и разгрузки. Проблема собственно заключается в том, что в отдельных местах глубина дорожных впадин и выбоин достигает метра и более, и проехать такие участки дороги являются проблематично даже грузовому автомобилю, поэтому в сезоне 2013 г. около 15% перевозок, а в некоторых областях и до 20% срывались из-за отказа водителей преодолеть подобные маршруты по пути следования груза.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛОГИСТИЧНОГО СЕРВИСА АГРОПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

Ситуация особенно осложнялась в зимний период, когда фактическая бездеятельность или неудовлетворительная работа коммунальных служб приводит к заторам на дорогах и увеличению количества ДТП [8].

Общая протяженность автомобильных дорог Украины – 169,7 тыс.км, из которых 53 тыс.км – пути государственного значения, 116,7 тыс.км – местного значения, а общая протяженность коммунальных дорог в населенных пунктах составляет 259 тыс. км. При этом, протяженность автомобильных дорог с твердым покрытием составляет 164,1 тыс.км [18]. А состояние мостового хозяйства вообще можно считать неудовлетворительным, поскольку из более 16 тыс. искусственных мостовых сооружений в стране почти 9,3 тыс. (63%) построено по техническим нормам 50-60-ых годов прошлого века, 1957 из них требуют капитального ремонта или реконструкции, 63 вообще находятся в неработоспособном состоянии [18].

При этом важным фактором неудовлетворительного состояния дорог является двусторонняя заинтересованность в перегрузке транспортных средств; владельца транспортной компании – в увеличении суммы общего фрахта, грузоотправителя – в минимизации транспортных расходов, максимизации прибыли, снижению затрат на вспомогательные операции, экономии на хранении продукции. По данным пунктов весового контроля, почти пятая часть тяжеловесных транспортных средств, которые каждый сезон транспортируют урожай в украинские порты, является перегруженной на 20–40% больше максимально допустимых показателей, а поскольку большинство путей построено 30–40 лет назад с расчетом на грузки 6, 8 т на ось транспортного средства, эти пути не соответствуют даже сегодняшним нормам прочности дорожного покрытия с современной нагрузкой 10–11 т на ось. Сегодня украинскими дорогами движутся грузовики полная масса которых превышает 60 т» [18].

К этому добавляются проблемы, связанные с:

➤ неудовлетворительным состоянием автотранспортного парка – имеющиеся

коммерческие тарифы не позволяют начислять амортизационные отчисления на восстановление и обновление транспортного парка в целом, поэтому значительная часть автоперевозчиков работает на полностью истощенном ресурсе;

➤ малой мощностью большинства элеваторов, вызывает значительные очереди при завозе продукции от производителей и сдерживает движение продукции по целой цепочке его доставки до конечного потребителя;

➤ неудовлетворительными условиями и графиком работы водителей – при выполнении транспортных заказов по транспортировке продукции агрохолдингов, особенно в сезон сбора урожая. Водитель может находиться в рейсе неделями, а объектов инфраструктуры, которые бы за «демократические» цены могли обеспечить водителям отдых, питание и гигиену, не хватает, что также снижает уровень эффективности процесса товародвижения.

Для создания эффективных систем оптимизации движения материального потока необходимым условием является нормативное и организационно-правовое регулирование процессов перемещения его элементов (партий грузов) согласно условиям соглашений между участниками логистической цепи. Проведенный нами анализ организационно-правового обеспечения взаимодействия субъектов хозяйствования на аграрном рынке показал, что с этой целью применяются различные по содержанию и форме документы, в частности – договоры по предоставлению зернотрейдерам услуг по перегрузке продукции портовыми элеваторами, контракты купли-продажи аграрной продукции на условиях FOB, контракты купли-продажи аграрной продукции на условиях DAF и т.д., примерные формы которых приведены Б. Гладич [2] и основанные на использовании положений «Инкотермс». Как известно, международные правила толкования торговых терминов («Инкотермс»), которые определяют основные условия внешнеторгового контракта, обязанности продавца и покупателя при исполнении контракта, и которые разрабатываются Международной

торговой палатой с целью их унификации и понимание контрагентами при заключении и выполнении договоров участниками ВЭД из разных стран, получили широкое использование в практике международной торговли.

Соответственно действующему в Украине законодательству, при заключении договоров, соглашений, контрактов между субъектами хозяйствования Украины также должны использоваться нормы именно этого документа. В Украине согласно с Указом Президента Украины «О использовании Международных правил интерпретации применении Международных правил интерпретации коммерческих терминов» [14], применение «Инкотермс» является обязательным.

Правила «Инкотермс» по своей сути является систематизированным сводом торговых правил, которые носят рекомендательный характер. Среди разработанных Международной торговой палатой сроков необходимо выделить базисы поставок, которые позволяют в более полной (чем условия FOB и DAF) мере использовать принципы логистики при организации доставки товаров от поставщика к покупателю. К ним относятся условия FSA, CPT, CIP, EXW, DDU, DDP, которые создают ситуацию, при которой одна из сторон практически полностью сосредоточивает в себя вопросы транспортного менеджмента (управления и контроля доставки товара).

Логистический подход к выбору базисного условия поставки и реализации контракта должен учитывать широкий круг факторов, в т.ч. возможности сторон по контракту использовать более современную и дешевую схему доставки товара с учетом расположения складов поставщика и получателя. В результате все стороны получают определенные преимущества в виде сокращения расходов на реализацию контракта в целом. Однако, базисные условия контракта определяют лишь основные обязанности продавца и покупателя и не исчерпывают всех деталей, связанных с организацией доставки товара, затраты на которую является одним из

факторов, влияющих на эффективность торговой сделки.

При подготовке соглашений, договоров, контракта должно проводиться предварительное изучение транспортных возможностей выполнения контракта, которое может включать: наличие прямого сообщения между пунктами нахождения грузоотправителя (поставщика) и грузополучателя (покупателя); тарифы и ставки оплаты железнодорожных, автомобильных перевозок, уровень механизации погрузочно-разгрузочных работ в предлагаемых пунктах обработки груза, стоимость этих работ; стоимость грузов в местах перевалки, пунктах отправки и назначения, правила и особые условия перевозки в местах отправления и назначения, правила сдачи-приемки груза, отдельные дополнительные соглашения, нормативные документы, правила и конвенции, регулирующие перевозки грузов различными видами транспорта.

Конкретное содержание транспортных условий сделок зависит от таких факторов, как: базисные условия поставки, вид транспорта, способ доставки, транспортная специфика товара, условия договоров и соглашений, регулирующих условия перевозки. К вопросам, связанным с доставкой, которые требуют особой обработки в контракте, относятся: 1) срок отгрузки товара из пункта/порта отправки (группы E, F и C) или доставки продукта в пункт/порт назначения (группа D); 2) наименование пункта отправки при базисах поставки EXW и группы F и наименование пункта назначения – условия групп C и D; 3) порядок сдачи товара продавцом перевозчику и принятие его покупателем от транспортного средства; 4) система взаимной информации продавца и покупателя, с одной стороны, о готовности товара к грузовым операциям, а с другой – о сроках прибытия транспортного средства под грузовые операции; 5) распределение расходов на доставку между продавцом и покупателем; 6) согласование вида договора, которым должно быть позже оформлено перевозки; 7) нормы загрузки-разгрузки товара и определенный договором на выполнение грузовых операций; 8) порядок

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛОГИСТИЧНОГО СЕРВИСА АГРОПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

размещения груза на транспортном средстве; 9) транспортной упаковке и маркировке; 10) другие условия, связанные с транспортной спецификой товара или особенностями образа и маршрута перевозки; 11) страхование груза в процессе доставке и др.

Учитывая наличие значительных проблем в процессах транспортировки и складирования сельскохозяйственной продукции, насущной считаем потребность в оптимизации транспортных процессов и развития складской сети, которая является одним из основных элементов всей инфраструктуры аграрного рынка, в частности – путем строительства сети «...локальных, региональных, общегосударственных логистических центров (центров накопления/распределения товарных потоков)» [1], а также создание эффективной системы управления запасами аграрной продукции. Целесообразным и экономически обоснованным представляется опыт Польши в подготовке так называемых транспортных советников, функции которых касаются оптимизации отношений в системе «транспортчеловек – среда» инноватизации управления и рационального использования транспортных средств [19] согласно международным соглашениям ADR [20].

Не менее важным фактором повышения эффективности логистического сервиса производителей сельскохозяйственной продукции является оптимизация перемещения продукции путем рационализации параметров транспортных средств и режима их движения [16].

Информационно-логистические системы как фактор повышения логистического сервиса

С методологических позиций системного подхода модель агробизнеса как логистической системы можно представить как процесс, обеспечивающий трансформацию возможностей сельхозпроизводства и его продукции в товары, отвечающие потребностям потребителя и обеспечивают условия формы, места, времени и владения. Внутри системы агробизнеса образуются цепочки подсистем «вход-процесс-выход», которые трансформируют положение и место начальной продукции: сельхозпредприятия

производят сельхозпродукцию; предприятия по переработке сельхозсырья и ресторанного бизнеса обеспечивают необходимую форму товара; подсистема дистрибуции включает транспортные и складские подсистемы, сети оптовых и розничных торговцев, выравнивают сезонную специфику производства аграрной продукции, обеспечивают условия места и времени приобретения товара потребителем, а информационные подсистемы обеспечивают сбор, компьютерную обработку и передачу информации участникам этой системы.

Проведенное в форме анкетного опроса исследования состояния развития в агробизнесе логистических информационных систем показало, что в данном сегменте экономики необходимых условий для эффективной работы с информационными потоками еще не создано. Подавляющее число (75%) предприятий агробизнеса не обладает необходимыми комплексами компьютерной техники, программных средств, средств связи и нормативно – справочных баз данных для формирования, использования и генерирования логистических информационных потоков; в подавляющем большинстве предприятий (90%) применяются традиционные технологии обработки информации (без использования компьютерной техники или ее ограниченным применением). Предприятия не имеют технических возможностей для отслеживания через ЛИС процессов доставки продукции, управления и контроля перевозок (80%), доступа к материалам исследования конъюнктуры рынков различных видов продукции (85%), изучение состояния спроса на отдельные виды продукции и изменений в его динамике (90%), создание системы контроля качества на всех этапах товародвижения (90%), осуществление учета и контроля производственных и/или логистических расходов (90%), определения себестоимости продукции и ее структуры по видам продукции (95%).

С учетом того, что логистическая деятельность предприятий агробизнеса в условиях обострения конкуренции должна

органично сочетаться с общей стратегией предприятия, считаем целесообразным предложить создание интегрированной логистической информационной системы предприятия агробизнеса по схеме ориентированной на модели сбыта (рис. 1), которая связана с внедрением во все сферы агробизнеса информационно-компьютерных технологий.

ВЫВОДЫ

Главным критерием эффективности применения логистики на предприятии в самом общем виде может быть минимизация суммарных затрат этого предприятия, что в конкретных условиях могут быть конкретизированы через систему соответствующих показателей. Синергетичность эффективности логистики усиливается при ее применении в рациональном сочетании с маркетингом.

Принципиальным отличием логистического подхода к управлению материально-информационными потоками на предприятиях АПК от традиционной системы является интеграция отдельных звеньев поточно-ведущей цепи в единую систему, способную быстро адаптироваться к изменениям, происходящим во внешней и внутренней средах, обеспечивая тем самым синергетический эффект от комбинированного сочетания действий этих звеньев, обеспечивает повышение конкурентоспособности этих предприятий на рынке.

Для организации и реализации логистических процессов в агробизнесе должны быть сформированы определенные инструменты управления, которые обеспечивают организационное, экономическое, информационное, техническое и технологическое единство потоковых процессов в соответствии с принципами концепции логистики. Таким инструментом управления являются организационные логистические системы, которые в современных условиях реализуются, как правило, в форме определенных программных продуктов (операционных систем), ориентированных на широкое использование компьютерной

техники. Поэтому фундаментальным вопросом обеспечения логистико-ориентированного управления потоковыми процессами на предприятиях агробизнеса является создание логистической информационной системы (ЛИС), которая в теории и практике логистической деятельности рассматривается как подсистема общей логистической системы, обеспечивающей получение, обработку, хранение и передачу информации и соответственно – формирование, трансформацию и генерирование информационных потоков, необходимых для принятия управленческих решений по планированию, организации, контролю и регулированию процессов реализации движения материальных потоков. Развитие логистически-информационных систем на предприятиях агробизнеса Украины происходит, но пока этот процесс проходит несистемно, хотя и имеет тенденцию к интенсификации.

Вполне реальным путем повышения эффективности логистического сервиса агропроизводителей является развитие дорожной инфраструктуры с целью улучшения условий труда водителей во время их пребывания в рейсах и внедрение автоматических станций для взвешивания автомобиля с целью улучшения весового контроля транспортных средств и за счет этого – предотвращение уничтожения дорожного покрытия.

Направления перспективных исследований проблемы логистики связываются в первую очередь с разработкой научных основ адаптации логистической концепции специфике сельскохозяйственного производства и управления предприятиями, инфраструктурой АПК в целом, что объясняется сезонными колебаниями материально-информационных потоков в этой сфере. Не менее важным направлением исследований является изучение возможностей создания системы подготовки кадров по логистике для АПК и разработки для этого соответствующих учебных программ, а также повышение уровня квалификации задействованного кадрово-управленческого потенциала

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛОГИСТИЧЕСКОГО СЕРВИСА АГРОПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

агропромышленного комплекса с целью использования логистики в практике создания оптимальных условий для хозяйствования.

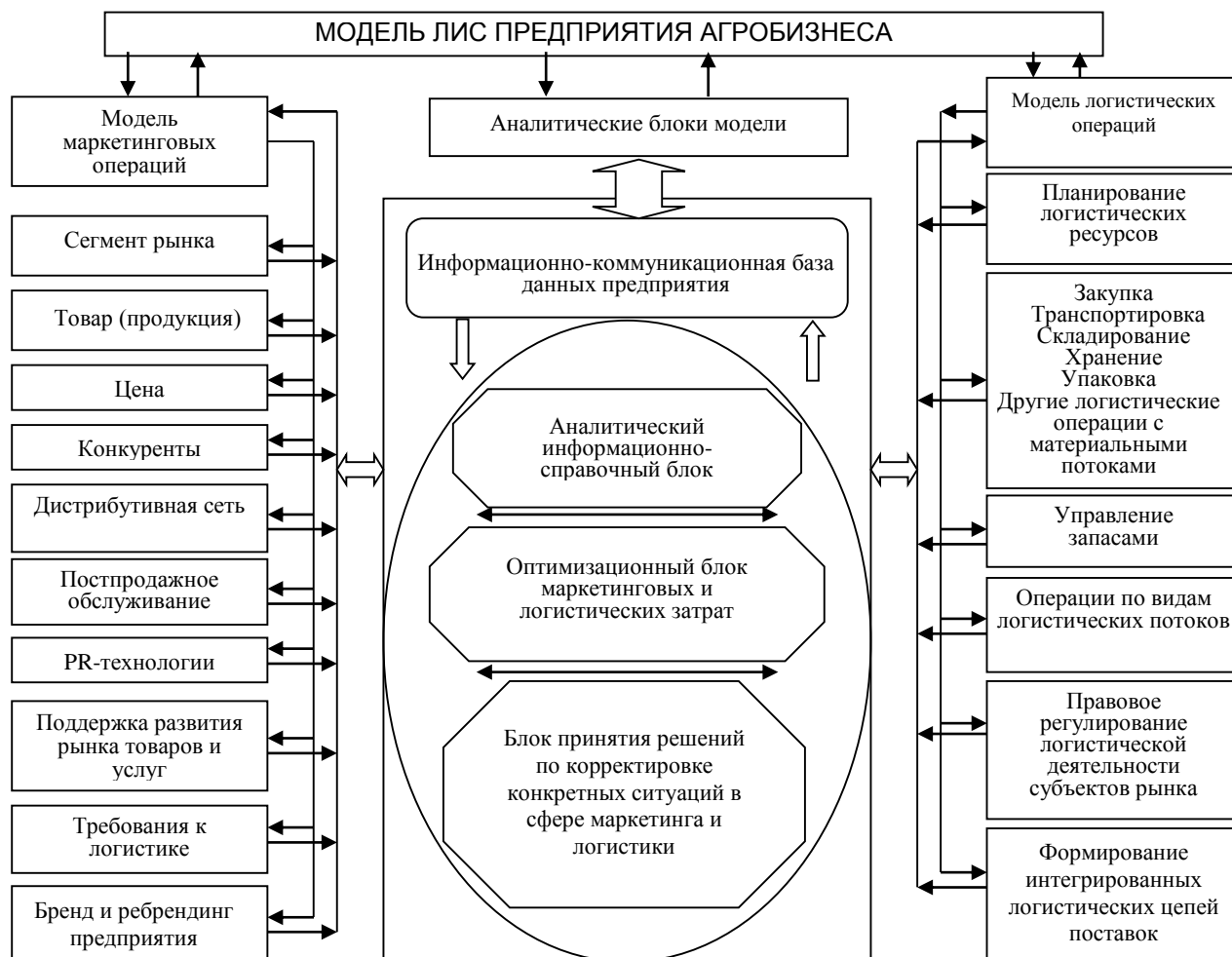


Рис. 1. Рекомендуемая принципиальная схема организации ЛИС предприятия агробизнеса по логистической модели, ориентированной на сбыт

Fig. 1. Recommended circuit diagram of the organization FOX Business agribusiness in the logistic model, focused on marketing

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Vahovska M.U. 2007. Logistichniy centr: pitannya terminologii ta sutnosti / Problemy podgotovki professionalnyh kadrov po logistike v usloviyah globalnoy konkurentnoy sre – dy. MNPК: sb. dokladov. – K. : NAU. 35 – 40.
2. Gladich B.B. 2002. Agrarniy rинok : [pidruchnik] – Ternopil : Ekon. Dumka. 254.
3. Grinenko S. 2002. Logistichniy napryam rozvit-ku integratsiy nih formuvan v agrobiznesi / Ekonomika APK. №9. – 132 – 136.
4. Kalchenko A.G. 2006. Logistika : [pidruchnik] – K. : KNEU. 284.
5. Kozlovskiy V., Kozlovskaya E., Savrukov N. 1999. Logisticheskiy menedzhment/ – SPb.: Politehnika. 275.
6. Kondaurova I. 2001. Virobnicha infrastruktura pervinnoї strukturnoї lanki ekonomiki v umovah perehodu do rинku.: Avtoref. dis...kand. ek. nauk. – Doneck. 20.
7. Kosareva T. 2003. Logistizatsiya ekonomiki APK. – Ekonomika APK. №12. 23–27.
8. Kucherova Ya. 2014. Yak effektivno organizuvati logistichniy servis. Agrobiznes Sogodni. №3 (274). 54.
9. Lucenko I. 2000. Logistika ta її rol v umovah reformuvannya ekonomiki Ukraїni / Ekonomist. №12. 62–63.
10. Lysakova N. 1999. Logistika: osnovnye ponya-tiya / Marketing i reklama. №10. 54–57.
11. Mate E. Tikse D. 1993. Materialno-tehnicheskoe obes-pechenie deyatel'nosti predpriyatiya: per. s franc. – M.: Progress. 160.

12. Oklander M. 1992. Konceptiya promislovoi logistiki. – *Ekonomika Ukraïni*. №10. 20–28.
13. Ponomarova U.V. *Logistika*. 2005. – K.: CUL. 328.
14. Pro zastosuvannya Mizhnarodnih pravil interpretacii komerciy nih terminiv: Ukaz Prezidenta Ukraïni vid 04.10.94 № 567/94 iz zminami, vnesenimi zgidno z Ukazom Prezidenta № 505/95 vid 01.07.95. – [Elektronniy resurs] – Rezhim dostu-pu: <http://zakon.nau.ua/doc/?uid=1082.5589.0>.
15. Omelchenko I.N., Kolobov A.A., Ermakov A.U., Kireev A.V. 1997. *Promyshlennaya logistika. Logistiko–orientirovannoe upravlenie organiza–cionno–ekonomicheskoy ustoychivostu promyshlennyh predpriyatiy v rynochnoy srede* – M. : Izd–vo MGTU im. N.I.Baumana. 204.
16. Sahno V. Marchuk R., Faychuk M. 2012. *Doslidzhennya manevrenosti i stiykosti avtopoïzda-konteynerovoza pri krivoliniynomu rusi za riznih shem upravlinnya napivprichepom* / Lublin-Rzeszów: MOTROL. Vol. 14, № 4. 185 – 191.
17. Sergeev V.I. 2001. *Logistika v biznese: uchebnik*. – M. : INFRA–M. 608.
18. Shulman O. 2014. *Rozsmoktuvannya asfaltu*. – *The Ukrainian Farmer*. №2. 116 – 118.
19. Burski Z. Wasilewski Ja., Plizga K. 2012. *Doradca transportowy jako innowacyjna forma zarzadzania flotą pojazdów przedsiębiorstwa*. Lublin-Rzeszów: MOTROL. Vol.14, No 5. 25 – 30.
20. ligaakon.ua/1_doc2.nsf/link1/STAT0429.html.

EFFICIENCY SERVICE LOGISTICHNOGO AGRICULTURAL PRODUCERS

Summary. The main results of the research the problem of increase the efficiency of logistic service of the large agricultural producers and some of its routes are presented. The particular attention is paid to the correct understanding of the essence of logistics as a science and activity, logistics systems and supply chain, their individual units and elements, regulatory streamlining the organizational and legal regulation of logistics processes, optimization of transport processes and development of warehouse network, feasibility and opportunities of promotion in business the logistics and information systems. The scheme of sales-oriented model of agribusiness integrated logistics information system is proposed which connected with the implementation of information and computer technologies into all spheres of agribusiness.

Key words: logistics, logistics service, effectiveness, supply chains, transportation, roads state, logistics and information systems.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В ПРОЕКТЕ ПРОИЗВОДСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Василь Тымочко, Роман Падюка

Львовский национальный аграрный университет, Украина

Vasyl Tymochko, Roman Padyuka

Lviv National Agrarian University, Ukraine

Аннотация. В данной статье разработаны методологические принципы идентификации технических ресурсов на основании использования нейронных сетей. Предложена схема нейронной сети для формирования машинно–тракторного агрегата (МТА) в виде многослойного персептрона. Первый слой персептрона осуществляет выбор машины за видом операции, второй и третий – выбор машины по нижней и верхней границе технологических регулировок, а четвертый слой среди выбранных сельскохозяйственных машин проводит выбор энергетического средства по параметрам машины. Выходной нейрон с помощью сумматора осуществляет выбор оптимального МТА в заданных условиях внешней среды.

Ключевые слова. проект, ресурсы, идентификация, нейронные сети.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В проекте производства растениеводческой сельскохозяйственной продукции выполняется большое количество взаимосвязанных операций. Каждая операция представляет собой действия, которые направлены на решения определенного задания относительно физического преобразования над почвой (пахота, культивация, лущение, боронование), распределения по полю семян, удобрений, пестицидов, уборка урожая, и т.п. Для выполнения этих операций в проекте применяется множество технических ресурсов, к которым относятся энергетические средства (трактора), прицепные, навесные и полунавесные сельскохозяйственные машины, самоходные сельскохозяйственные машины и комбайны.

Идентификация технических ресурсов – это определение вида сельскохозяйственной машины и соответствующего энергоносителя для данной операции с одновременным определением для сформированного агрегата его основных показателей эффективности выполнения операции – производительности и удельного расхода топлива.

Для выполнения операции могут использоваться разные виды технических ресурсов с разной степенью обеспечения заданных технологических показателей выполнения этой операции. Одним из основных условий для успешного управления проектом по производству растениеводческой сельскохозяйственной продукции является разработка его календарного плана. Для формирования календарного плана нужно определить продолжительность выполнения каждой операции, которая зависит от объемов работы, производительности и количества вовлеченных технических ресурсов. Учитывая большое множество видов технических ресурсов и действие значительного количества факторов внешней среды, которые задаются свойствами объекта преобразования и агрометеорологическими условиями, решение этой задачи нуждается в применении современных информационных технологий.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Традиционно во время разработки календарных планов работ в проекте производства сельскохозяйственной продукции, идентификация основных эксплуатационных показателей машинно–тракторного агрегата, таких как нормативная

производительность и расход топлива для сельскохозяйственной техники проводится с помощью нормативных справочников [1]. В нормативных справочниках информация большей частью подается в табличном виде, что обуславливает значительные трудозатраты для определения этих параметров. Кроме того, нормативные справочники разработаны лишь для тех видов технических ресурсов, которые уже довольно продолжительное время эксплуатируются в предприятиях. Вместе с тем, для новых видов технических ресурсов эти нормативы отсутствуют.

В мире, для анализа и обработки больших массивов данных, широко применяют методы искусственного интеллекта, в частности, нейронные сети. Теория нейронных сетей применяется во время анализа и обработки мультимодальных образов [2], классификации изображений [3], классификации текстовых документов [4], идентификации нечетких ситуаций [5] и т.п. Нейронные сети находят свое применение также во время решения задач управления проектами. В работе Н.М. Крапа [6] использованы нейронные сети для управления конфигурациями проектов туристических потоков. В работе В.В. Назимко [7], выбор наиболее эффективного управляющего сигнала в проекте осуществляется с помощью оптимального нейросетевого регулятора, который находит решение, близкое к оптимальному в рамках допустимого времени и заданных проектных ограничений. Однако, вопрос относительно автоматизации определения параметров технических ресурсов в сложных проектах сельскохозяйственного производства еще не достаточно изучен.

ПОСТАНОВКА ЗАДАНИЯ

Целью работы является разработка методологических принципов идентификации технических ресурсов на основании использования нейронных сетей.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Проект производства сельскохозяйственной продукции предусматривает выполнение множества технологических операций $\{O_i\}$, каждая с которых предназначена для выполнения физических преобразований над почвой, растением или материалом. Для идентификации отдельных операций в проекте производства продукции растениеводства технологическая операция задается кортежем с такими атрибутами:

$$O_i = \langle VO_i, \{AV_i\}, [\tau_i], [t_i] \rangle, \quad (1)$$

где: VO_i – вид операции (пахота, лущение, культивация, опрыскивание и т.п.); $\{AV_i\}$ – множество агротехнических требований к операциям (глубина возделывания, норма внесения и т.п.); $[\tau_i]$ – агротехнически–обусловленное время начала операции; $[t_i]$ – допустимая продолжительность выполнения операции.

В процессе выполнения каждой операции O_i в проекте на нее действует множество факторов внешней среды (входных нейронов) $\{x_1, x_2, x_3, x_4\}$, где x_1 – удельное сопротивление почвы поля; x_2 – средний угол склона на поле; x_3 – длина гона поля; x_4 – состояние объекта преобразования (растения или материала). Каждый из этих факторов, также имеет свой вес ω , который влияет на эффективность выполнения операции.

Одной из основных задач на этапе планирования проекта является подбор из множества $\{CM_i\}$ имеющихся в предприятии или на рынке сельскохозяйственных машин. Таких машин, которые бы обеспечили выполнение заданного физического преобразования с соблюдением множества соответствующих агротехнических требований $\{AV_i\}$. Для самоходных сельскохозяйственных машин нужно определить из множества $\{EZ_i\}$ энергетических средств такое средство для привода данной машины, которое обеспечит наиболее эффективное выполнение заданной технологической операции. В случае формирования нового машинно–тракторного парка предприятия или его реинжиниринга, сельскохозяйственную машину выбирают

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В ПРОЕКТЕ ПРОИЗВОДСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

среди множества имеющихся на рынке машин $\{CM_i\}$. Если формируется календарный план работ в действующем предприятии, то машинно-тракторный агрегат (МТА) формируют из множества имеющихся на предприятии сельскохозяйственных машин $\{CM_i\}$ и энергетических средств $\{EЗ_i\}$.

Для идентификации технических ресурсов возникает потребность учитывать ряд названных выше факторов, что обуславливает целесообразность использования теории нейронных сетей.

Основу каждой нейронной сети составляют относительно простые, в большинстве случаев – однотипные, элементы (ячейки), что имитируют работу нейронов мозга. Далее под нейроном будет иметься в виду искусственный нейрон, то есть ячейка нейронной сети. Каждый нейрон характеризуется своим текущим состоянием по аналогии с нервными клетками головного мозга, которые могут быть возбуждены или приостановлены. Он владеет группой синапсов – однонаправленных входных связей, соединенных с выходами других нейронов, а также имеет аксон - выходную связь данного нейрона, из которой сигнал (возбуждение или торможение) поступает на синапсы следующих нейронов. Общий вид нейрона приведен на рис. 1. Каждый синапс характеризуется величиной синаптической связи или ее весом w_i , который за физическим содержанием эквивалентен электропроводности.

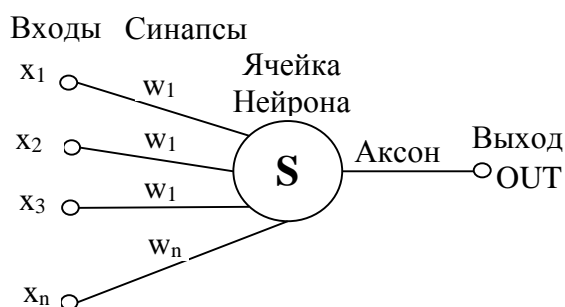


Рис. 1. Общий вид искусственного нейрона
Fig. 1. General view of an artificial neuron [8]

Текущее состояние нейрона определяется как взвешенная сумма его входов (NET):

$$NET = \sum_{i=1}^n x_i \cdot w_i . \quad (2)$$

Выходом нейрона является функция его состояния или так называемая функция активации нейрона:

$$OUT = f (NET - \Theta) . \quad (3)$$

где: Θ – значение порогового уровня данного нейрона.

В теории построения нейронных сетей существует большое количество видов функций активации, выбор которых обуславливается большей частью спецификой задачи, удобством реализации на ПК и алгоритмом обучения сети.

Поскольку, во время идентификации технических ресурсов возникает потребность учитывать ряд условий относительно формирования МТА, то целесообразно использовать нейронную сеть в виде многослойного персептрона (рис. 2) входами которого являются множество имеющихся на рынке или у предприятия сельскохозяйственных машин $\{CM_i\}$ и энергетических средств $\{EЗ_i\}$ для их привода.

Первый слой нейронов сети выполняет функцию выбора среди множества машин $\{CM_i\}$ на входе таких машин, которые обеспечивают выполнение заданного вида операции VO_i . Вид функции активации нейронов в данном слое называется «жесткая ступенька» (рис. 3) [8]:

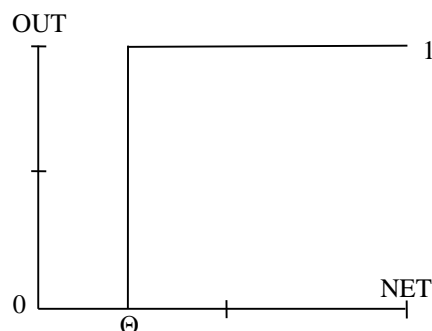


Рис. 3. Функция активации нейрона «жесткая ступенька»

Fig. 3. Neuron activation function «hard step»

$$OUT = \begin{cases} 1, VO_i = PM_i \\ 0, VO_i \neq PM_i \end{cases} , \quad (4)$$

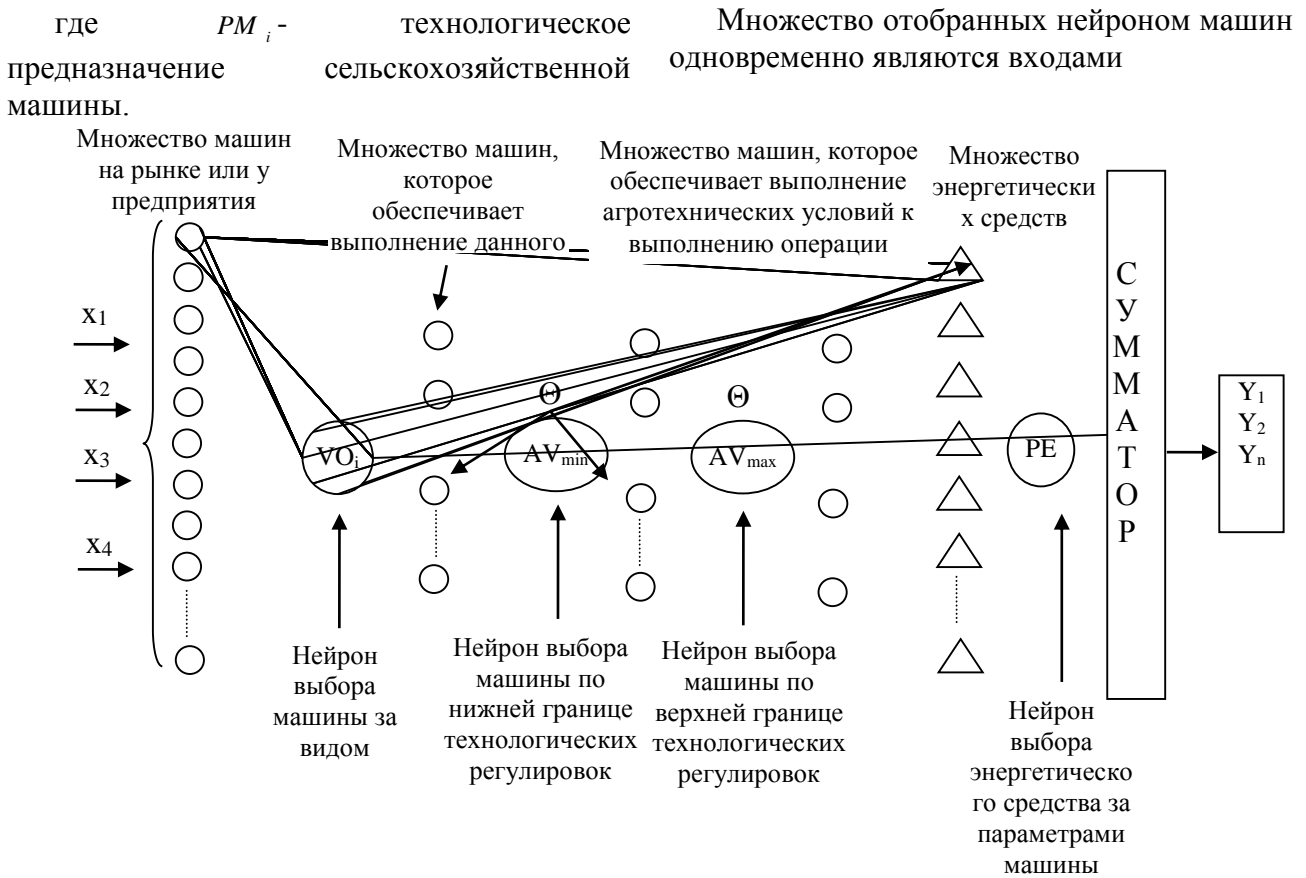


Рис. 2. Нейронная сеть формирования машинно – тракторного агрегата (МТА) с определением основных показателей его работы

Fig. 2. The neural network forming machine and tractor unit (MTU) of the definition of key indicators of work

следующего слоя нейронов. Данный слой предназначен для выбора машины, которая обеспечивает выполнение заданных агротехнических требований к операции. Например, такую операцию, как лущение стерни можно выполнять дисковыми лущильниками, боронами или лемешными лущильниками, которые выполняют эту операцию с разной степенью эффективности (весом) w_i . В свою очередь эффективность выполнения работы w_i определяется степенью обеспечения заданных агротехнических требований AV_i данной сельскохозяйственной машиной.

Для большинства операций, которые необходимо выполнить в проекте производства определенного вида сельскохозяйственной продукции существуют минимальные границы AV_{min} и максимальные границы AV_{max} допустимых агротехнических требований к выполнению операции. В свою очередь сельскохозяйственные машины также имеют

заданные заводом-изготовителем минимальные TR_{min} и максимальные TR_{max} границы технологических регулировок рабочих органов машины. Поэтому, в данном случае, проверка машины на соответствие агротехническим требованиям будет осуществляться последовательно с помощью двух нейронов по минимальной и максимальной границе технологических регулировок.

В качестве функции активации для данных нейронов целесообразно также использовать «жесткую ступеньку». Выход нейрона выбора по нижней границе технологических регулировок будет иметь вид:

$$OUT = \begin{cases} 1, & AV_{min} + \Theta \cdot AV_{min} \geq TR_{min} \\ 0, & AV_{min} + \Theta \cdot AV_{min} < TR_{min} \end{cases}, \quad (5)$$

где: Θ – пороговый уровень нейрона, который задает допустимое отклонение от заданных агротехнических требований к операции.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В ПРОЕКТЕ ПРОИЗВОДСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Выход нейрона выбора по верхней границе технологических регулирований имеет вид:

$$OUT = \begin{cases} 1, & AV_{\max} - AV_{\max} \cdot \Theta \leq TR_{\max} \\ 0, & AV_{\max} - AV_{\max} \cdot \Theta > TR_{\max} \end{cases} \quad (6)$$

Каждая сельскохозяйственная машина может быть использована с соответствующим множеством энергетических средств. В нейронной сети функцию выбора энергетического средства выполняет нейрон *PE* (рис. 2). Этот нейрон осуществляет выбор энергетического средства по параметрам сельскохозяйственной машины, а именно – тяговым классом, основным показателем, который характеризует возможность использования энергетического средства для привода сельскохозяйственной машины. Функция активации данного нейрона аналогична функции активации первого слоя сети, а именно «жесткая ступенька»:

$$OUT = \begin{cases} 1, & P_{Hi} \geq R_{Hj} \\ 0, & P_{Hi} < R_{Hj} \end{cases}, \quad (7)$$

где: P_{Hi} – номинальное тяговое усилие на крюке i – го энергетического средства, кН, R_{Hj} – тяговое сопротивление j – ой сельскохозяйственной машины в данных условиях внешней среды x_1 и x_2 , кН.

Множество сформированных агрегатов анализируется сумматором, при помощи которого получаем исходный нейрон с множеством эксплуатационных характеристик (Y_1 – часовая производительность агрегата на операции; Y_2 – удельный расход топлива и другие необходимые характеристики Y_n) выбранного сетью оптимального МТА для данной операции.

ВЫВОДЫ

Идентификация технических ресурсов в проектах производства сельскохозяйственных культур предусматривает учет значительного количества факторов, которые влияют на эксплуатационные показатели МТА. Большое множество тракторов и

сельскохозяйственных машин, эффективность использования каждого с которых проявляется в определенных условиях внешней среды, обуславливает использование современных информационных технологий, в частности, теории нейронных сетей.

Решение задачи идентификации технических ресурсов целесообразно выполнить с помощью нейронной сети в виде многослойного персептрона. Первый слой, которого осуществляет выбор машины за видом операции, второй и третий осуществляет выбор машины по нижней и верхней границе технологических регулирований, а четвертый среди выбранных сельскохозяйственных машин проводит выбор энергетического средства по параметрам машины. Исходный нейрон с помощью сумматора осуществляет выбор оптимального МТА в заданных условиях внешней среды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Типові норми продуктивності машин і витрат палива на передпосівному обробітку ґрунту [Текст]. – К.: НДІ «Укראгропромпродуктивність», 2005. – 672.
2. Кушнир Д.А. 2005. Радиально-базисная нейронная сеть встречного распространения [Текст] / Д.А. Кушнир // Научно-теоретический журнал «Искусственный интеллект». – Донецк: ИПИИ. – № 4.– 364–370.
3. Бондаренко А.Н. 2006. Адаптивный двухступенчатый метод классификации изображений [Текст] / А.Н. Бондаренко, А.В. Кацук // Научно-теоретический журнал «Искусственный интеллект». – Донецк: ИПИИ. – № 4. – 676 – 680.
4. Бодянский Е.В. 2011. Классификация текстовых документов с помощью нечеткой вероятностной нейронной сети [Текст] / Е.В. Бодянский, Н.В. Рябова, О.В. Золотухин // Восточно-Европейский журнал передовых технологий // Научный журнал. – Харьков: Технологический центр. – № 6/2 (54). – 16 – 18.

5. Нечаев Ю.И. Идентификация нечетких ситуаций с использованием искусственных нейронных сетей и когнитивных структур [Электронный ресурс] / Ю.И. Нечаев, А.Б. Дегтярев, И.А. Кирюхин. – Режим доступа: <http://www.csa.ru/int/Grants/cai2000.pdf>.
6. Крап Н.П. 2013. Нейронні мережі як засіб управління конфігураціями проєктів туристичних потоків [Текст] / Н.П. Крап, В.М. Юзевич // Зб. наук. праць «Управління розвитком складних систем». – К.: КНУБА. – № 14. – 37 – 40.
7. Назимко В.В. 2013. Питання побудови системи автоматизованого управління проєктом. [Текст] / В.В. Назимко // Зб. наук. праць «Управління розвитком складних систем». – К.: КНУБА. – № 14. – 61 – 67.
8. Бровкова М.Б. 2004. Системы искусственного интеллекта в машиностроении [Текст]: Учеб. пособие. Саратов: Сарат. гос. техн. Ун-т. – 119.
9. Burski Z. 2011. Badania operatora agregatu maszynowego jako rolniczego systemu antropotechnicznego / Z. Burski, E. Krasowski, W. Kulewicz // *Motoryzacja i energetyka rolnictwa. Motrol.* – Том 13D. – 6 – 13.
10. Тимочко В. 2011. Організаційно-технологічні заходи енергозбереження під час збирання олійних і зернових культур [Текст] / В. Тимочко, Ю. Ковальчик, Р. Падюка // *Motoryzacja i energetyka rolnictwa. Motrol.* – Том 13D. – 22–30.
11. Шарибура А. 2011. Підвищення ефективності управління енергозберігаючими проєктами збирання сільськогосподарських культур [Текст] / А. Шарибура, І. Городецький, В. Грабовець // *Motoryzacja i energetyka rolnictwa. Motrol.* – Том 13 D. – 68 – 72.
12. Izdebski W. 2005. The Importance hierarchy of the technical assistance as a tool for a tractor purchase decision / W. Izdebski, J. Skudlarski // *Motoryzacja i energetyka rolnictwa. Motrol.* – Том 7. – 97 – 104.
13. Sadkiewicz R. 2005. Characteristics of ownership transformation in Lithuania while forming the basis for motorization and power industry development in agriculture / R. Sadkiewicz, Z. Burski // *Motoryzacja i energetyka rolnictwa. Motrol.* – Том 7. – 162 – 167.
14. Korobetsky Y. 2010. Imitation abstract models of production systems / Y. Korobetsky, Y. Sokolova, V. Dorochko // «ТЕКА», VOL. 10A. – 285 – 293.
15. Korobetsky Y. 2010. Formation of the information model of synthesis systems / Y. Korobetsky, Y. Sokolova, V. Sokolov // «ТЕКА», VOL. 10D. – 158 – 162.

IDENTIFICATION OF THE TECHNICAL RESOURCES IN THE PROJECT OF AGRARIAN PRODUCTION WITH USE OF NEURAL NETWORK

Summary. In this article the methodological foundations of identification the technical resources are worked out based on the use of neural networks. The scheme of the neural network to form the machine-tractor units are proposed in a view of a multilayer perceptron. The first layer of perceptron selects the machines by type of operation, the second and third layers select the machine by the lower and upper limits of technological maintenance and fourth layer of perceptron selects the power tools on the parameters of the machine among selected agricultural machines. The output neuron selects the optimal machine–tractor units with using adder in the given conditions of the environment.

Key words: project, resources, identification, neural networks.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИНВЕСТИЦИЙ В ПРОИЗВОДСТВО РАПСА И БИОТОПЛИВА

Оксана Фтома

Львовский национальный аграрный университет, Украина

Oksana Ftoma

Lviv National Agrarian University, Ukraine

Аннотация. Установлены законы и характеристики распределения случайных величин урожайности, рентабельности и производственных затрат при выращивании рапса.

Получены корреляционные зависимости урожайности рапса от инвестиций в производство, себестоимости полученной энергии от урожайности. Обосновано минимально необходимый размер инвестиций, обеспечивающий рентабельное производство рапса.

Ключевые слова. Рапс, биотопливо, урожайность, рентабельность, производственные затраты, биоэнергия, себестоимость биоэнергии.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Необходимость перехода на альтернативные источники энергии диктуется не только подорожанием ископаемых энергоресурсов, а и угрозами глобального изменения климата. Биотопливо - один из самых распространенных в современном мире возобновляемых источников энергии. Рапс является одной из основных сырьевой базой для производства биодизеля в мире.

Как промышленную культуру, рапс в Украине начали интенсивно внедрять в последние 10–15 лет. В 2007 году Украина заняла третье место в Европе по посевным площадям рапса после Франции (1601 тыс.га) и Германии (1546,4 тыс. га), однако произведённые в Украине рапсовые семя в основном экспортируются, биотопливо не производится, солома используется мало и неэффективно. Продолжается дискуссия о целесообразности производства биотоплива на основании рапса. Отдельные авторы высказываются о низкую энергетическую эффективность биотоплива на основе рапса [1, 8–12, 14, 19].

В зависимости от многих факторов: экономических, природно–климатических, технологических, технических, биохимических и других, – урожайность рапса в Украине постоянно меняется, не всегда в сторону роста. В период с 1995 до 2005 года валовой сбор рапса рос за счет увеличения не только посевных площадей, но и за счет повышения урожайности [6; 7; 12]. Значительно влияют на урожайность инвестиции в производство.

С 2000 по 2011 год урожайность рапса снижалась и соответственно сократилось валовое производство данной культуры. Также уменьшались и посевные площади рапса в данный период. А в 2012 и особенно в 2013. существенно возросла урожайность рапса, что можно объяснить увеличением инвестиций в производство, внедрением современных технологий и высокоурожайных сортов.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Эффективности производства, конкурентоспособности рапса, разработке современных энерго-ресурсо щадящих технологий посвящены работы многих отечественных [2, 3, 9, 10, 12, 15, 20] и зарубежных [4, 5, 13, 16 - 18] авторов. Отдельные работы посвящены оценке рисков производства рапса [3; 4; 8]. Однако большинство авторов не учитывают случайный характер факторов производства и не используют вероятностных подходов в оценках. Недостаточно на наш взгляд уделено внимание энергетической эффективности производства биотоплив на основании рапса. Для повышения точности оценок экономических и энергетических рисков, определения оптимальных размеров инвестиций в производство рапса и биотоплива на его основании, необходимо

исследовать взаимосвязности между производственными факторами с учетом их случайного характера.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Исследование зависимости энергетической и экономической эффективности производства рапса и биотоплива на его основании от инвестиций в производство в условиях Западного региона Украины.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Эффективности производства рапса мы исследовали в модельных хозяйствах Западных областей Украины. Для этого выбрано 60 хозяйств, которые применяют современные технологии и технику, имеют опыт производства рапса не менее пяти лет, а площади посева составляют не менее 50га. Данные хозяйства обеспечены собственной техникой для производства и уборки рапса, имеют налаженные агрономическую, инженерную и экономическую службы, на должном уровне ведут учет и отчетность.

Как известно, урожайность рапса зависит от большого количества взаимонезависимых факторов: природно-климатических условий, технологий, внесенных удобрений, средств защиты и т.д. В разных хозяйствах и даже в одном хозяйстве на разных площадях, урожайность рапса существенно отличается. Оценка распределение урожайности в 2013 (рис. 1) указывает на значительную дисперсию ($\sigma = 0,498$ т / га). Хозяйства имеют урожайность рапса от очень низкой (1,3 т / га) до уровня 3,5 т / га, и только незначительное количество имеет урожайность 3,7 т / га и более. Математическое ожидание распределения равно $m(y) = 2,443$ т / га, то есть большинство хозяйств имели урожайность менее 2,5 т / га.

Плотность распределения урожайности описывается уравнением Гаусса:

$$f(y) = 0,801 \cdot \exp \left[-\frac{(y-2,443)^2}{0,496} \right], \quad (1)$$

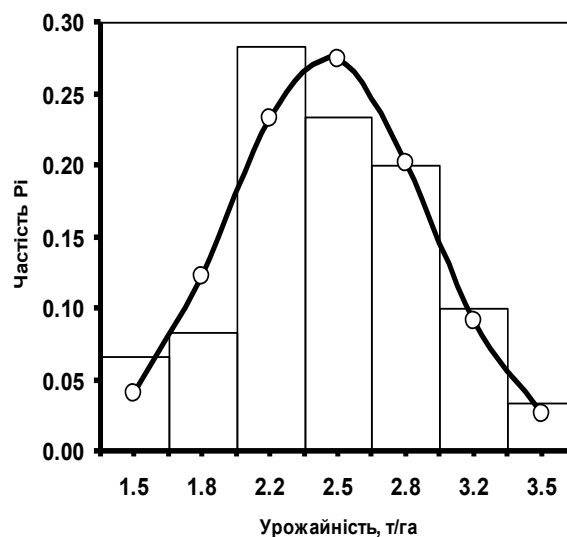


Рис. 1. Гистограмма и теоретическая кривая распределения урожайности рапса

Fig. 1. Histogram and theoretical distribution curve yields of rapeseed

Рентабельность производства рапса меняется в значительных пределах. Нами исследовано распределение хозяйств по рентабельности производства. Полученное распределение согласуется с теоретическим законом Вейбулла (рис. 2).

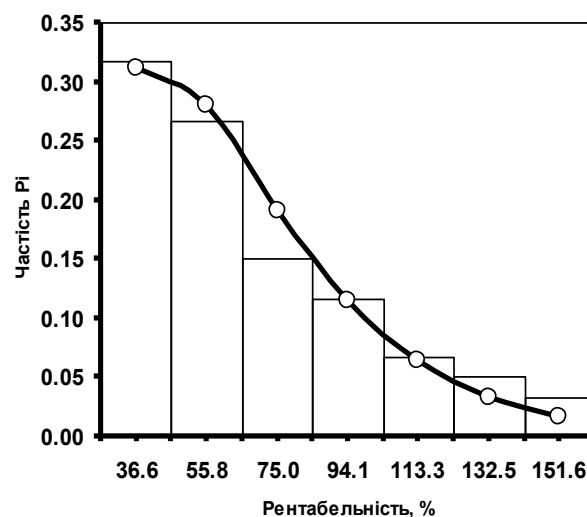


Рис. 2. Гистограмма и теоретическая кривая распределения рентабельности производства рапса

Fig. 2. Histogram and theoretical distribution curve profitability rape

Математическое ожидание составляет $m(R) = 67,928$, а среднее квадратическое отклонение $\sigma = 1,067$. Плотность распределения:

,(2)

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИНВЕСТИЦИЙ В ПРОИЗВОДСТВО РАПСА И БИОТОПЛИВА

Полученные результаты свидетельствуют, что все хозяйства в исследуемый период имели рентабельность производства рапса более 20%, в большинстве хозяйств данный показатель выше 60%, а около 20% хозяйств достигли рентабельности 100%.

Не все производители рапса используют свой потенциал и имеющиеся ресурсы. Это обусловлено различными причинами, например, низким уровнем качества управления сельскохозяйственными предприятиями, несоблюдение технологий, неоптимальной практикой хозяйствования (низкое качество семян, неэффективное использование факторов производства, неадекватное техническое оборудование и т.п.). Таким образом, при обеспечении повышения эффективности производства и неизменных затратах в 2013 году Украина смогла бы выработать около 3500 тыс.т рапса, то есть примерно в три раза больше, чем фактически было произведено.

На основании данных из исследуемых хозяйств, нами оценены затраты на производство рапса. Распределение хозяйств по производственным затратам описывается нормальным законом (рис. 3).

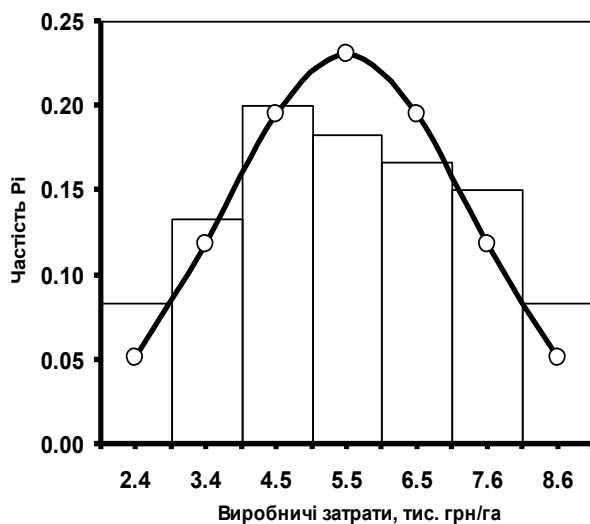


Рис. 3. Гистограмма и теоретическая кривая распределения производственных затрат на выращивание рапса

Fig. 3. Histogram and theoretical distribution curve of the production costs for growing rapeseed

Математическое ожидание $m(z) = 5,5$ тыс. грн./га и среднеквадратическое отклонение $\sigma = 1,78$ тыс. грн./га. Плотность распределения описывается уравнением:

$$f = 0.22 \cdot \exp \left[\frac{(z-5.5)^2}{6.34} \right], \quad (3)$$

Можно отметить, что большинство производителей (60%) инвестировало более 5,0 тыс.грн / га. Эти показатели примерно равны средним по Украине. Распределение расходов является достаточно широким и колеблется от 1,9 тыс.грн / га до более чем 8,9 тыс / га. Хозяйства-производители, которые вкладывали больше денег в производство, получили более высокие показатели урожайности.

На основе проведенного нами корреляционного анализа, установлено линейную корреляционную зависимость урожайности рапса y от производственных затрат z (рис. 4). Уравнение зависимости имеет вид:

$$y = 0,257z + 0,680. \quad (4)$$

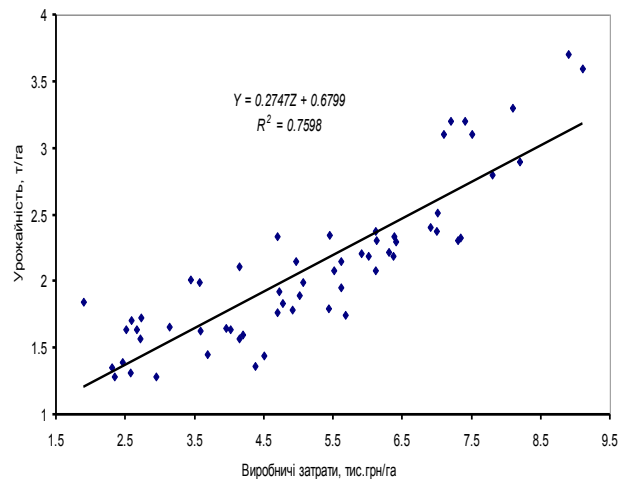


Рис. 4. Зависимость урожайности рапса от производственных затрат

Fig. 4. Dependence of the yield of rapeseed production costs

Коэффициент корреляции составляет $r = 0,87$, что свидетельствует о высокой тесноте связи. Анализ корреляционной зависимости (4) показывает, что хозяйства, получившие урожайность более 2,5 т/га, затратили более 7,0 тыс. грн./га, а для достижения урожайности более 3,0 т/га, необходимо инвестировать более 9,0 тыс. грн./га в ценах 2012 года.

Следует отметить, что дискуссии вокруг средних производственных затрат имеют ограниченную практическую ценность, поскольку производственные расходы существенно отличаются по структуре в разных хозяйствах.

Для оценки энергетической эффективности производства рапса исследовано зависимость количества полученной энергии с одного гектара посева рапса E от производственных затрат. При этом полученная энергия E определяется как сумма энергии семян и соломы в МДж с одного гектара. Установлена криволинейная корреляционная зависимость (рис. 5), описывается уравнением:

$E = 683.06 \cdot z^2 - 3015.90 \cdot z + 124075$, (5)
коэффициент корреляции составляет $r = 0,914$, что свидетельствует о высокой тесноте связи.

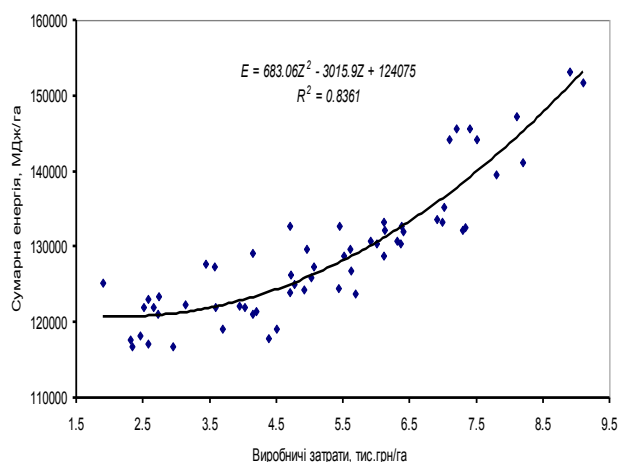


Рис. 5. Зависимость суммарной энергии от производственных затрат
Fig. 5. The dependence of the total energy of the production costs

Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что в диапазоне затрат 1,5 – 4,0 тыс. грн./га объемы полученной энергии с одного гектара посева не зависят от инвестиций в производство рапса. В то же время увеличение инвестиций более 5,0 тыс. грн./га приводит к существенному росту полученной энергии. При этом чтобы увеличить количество полученной энергии вдвое (до 240000 МДж/га) необходимо затраты увеличить втрое (до 15 – 16 тыс. грн./га).

Себестоимость полученной энергии с одного гектара посева S_E зависит от урожайности рапса y . Установлена корреляционная зависимость имеет криволинейный характер (коэффициент корреляции составляет $r=0,817$) (рис. 6). Уравнение корреляции имеет вид:

$$S_E = -0,0061y^2 + 0,044y - 0,026 \quad (6)$$

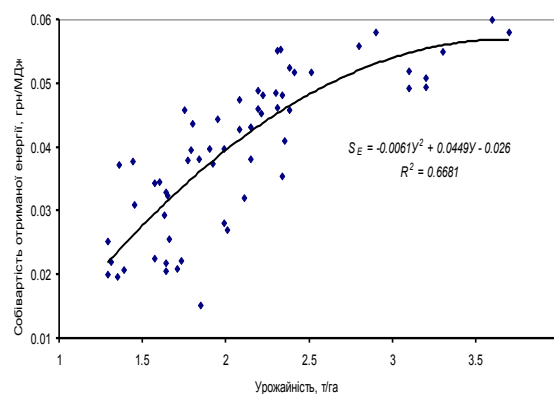


Рис. 6. Зависимость себестоимости полученной энергии от урожайности рапса
Fig. 6. Dependence of the cost of the energy obtained from rapeseed yield

Результаты исследования свидетельствуют, что с увеличением урожайности рапса от 1,5 т/га до 3,0 т/га себестоимость одного МДж полученной энергии растет, это можно объяснить тем, что увеличение урожайности достигается за счет существенных инвестиций в производство. Однако при урожайности рапса более 3,5 т/га, себестоимость энергии не увеличивается, а при урожайности более 4,0 т/га можно ожидать существенного уменьшения себестоимости полученной энергии.

По сравнению с традиционными источниками энергии, себестоимость рапсовой энергии (6) сопоставима с себестоимостью энергии каменного угля в Украине (0,054 грн./МДж) и существенно ниже стоимости энергии импортированного природного газа (0,097 грн./МДж).

Проведенные исследования и полученные результаты свидетельствуют о том, что инновационные проекты производства энергии на основе рапса являются конкурентоспособными при нынешних ценах на уголь и природный газ, при использовании всего биологического урожая (семян и соломы). Кроме того производство возобновляемой энергии на основе рапса имеет экологические и общественные предпочтения.

В то же время использование биомассы с энергетической целью создает много технических проблем, обусловленных в значительной степени физико-химическими свойствами биомассы [1; 2; 13; 16; 17]:

✓ малая плотность биомассы затрудняет транспортировку, сборку и дозирования;

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИНВЕСТИЦИЙ В ПРОИЗВОДСТВО РАПСА И БИОТОПЛИВА

✓ сравнительно низкий удельный
теплотворная способность;

✓ высокая влажность (до 60%), что
требует дополнительной подготовки к
сжиганию;

✓ значительные затраты средств и
энергии на производство паллет.

Кроме этого необходимо преодолеть
инертность топливно–энергетического
комплекса по внедрению новых технологий
производства тепла и электричества из
биомассы. Нужно широко пропагандировать
перспективность биомассы в энергетике,
проводить обучение специалистов–
организаторов.

ВЫВОДЫ

1. Установлены законы распределения и
характеристики случайных величин
урожайности, рентабельности та
производственных затрат позволяют более
точно прогнозировать экономические риски
выращивания рапса.

2. Энергия получена из рапса
конкурентная с традиционными
ископаемыми источниками энергии
(каменный уголь, природный газ) во всем
диапазоне урожайности.

3. Для достижения урожайности рапса
более 2,5 т / га необходимо инвестировать в
производство более 7,0 тыс.грн / га, что в
свою очередь обеспечит рентабельность
производства более 50% в ценах 2012года.

4. Рост энергетического эффекта от
производства рапса наблюдается при
инвестиции в производство более 5,0 тыс.грн
/ га в ценах 2012 года.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Adamenko O., Vysochanskyu V.,
Lyotko V., Mykhayliv M. 2001.
Alternatyvnipalyva ta inshi netradytsiyni
dzherela energii: Monografiya.– Ivano–
Frankivsk, 432.

2. Boyarchuk V., Chuchman W. 2012.
Evaluation of energy efficiency of technologies
of rapeseed straw use for energy purposes. //
Motrol. Motorization and power industry in
agriculture. – Lublin. – vol. 14 №4. – 11 – 15.

3. Boyarchuk V., Ftoma O., Boyarchuk O.
2012. Ekonomichna ta energetychna efektyvnist
vyrobnytstva ripaku ozymogo, pshenytsi
ozymoyi, kukurudzy, cukrovogo buryaku ta
biopalyva na yikh osnovi. – Naukovyy zhurnal
Lvivskogo natsionalnogo agrarnogo
universytetu “Agrarna ekonomika”, Tom 5. 102.

4. Dobek T., Dobek M., Sarek O. 2010.
Ocena efektjwnosci ekonomicznej I
energetycznej produkcji pszenicy ozimej I
rzepaku ozimego wykorzystanych do produkcji
biopaliw. Inzynieria Rolnicza 1(119). 161–168

5. Drosio A., Klimkiewicz M., Mruk R .
2011. Energetic and technological analysis of
the process of oil pressing from winter rape,
Kommission of motorization and power
industry in agriculture, TEKA.Volume XIC
s.25-37, Lublin.

6. Dudar T.G., Fayizov A.V. 2007.
Strategiya rozvytku rynku ripaku ta produktiv
yogo pererobky. – Monografiya: Ternopil,
ekonomichna dumka, 166.

7. Ftoma O. 2012. Otsinka efektyvnosti
vyrobnytstva energetychnyh kultur ta biopalyv.
Visnyk KNTUSG. Vyp.127. 246.

8. Ivanyuk O. 2008. Biologichne palyvo v
Ukraini: ekonomichni peredumovy ta
perspektyvy rozvytku.– Ekonomika APK. №9.
58-61.

9. Kaletnik G. 2008. Biopalyvo.
Prodovolcha, energetychna ta ekonomichna
bezpeka Ukrainy.– Monografiya: Haj–tek pres,
516.

10. Kobets N. 2005. Perspektivy proizvodstva i
pererobky semyan rapsa v Ukraine. Sbornik
dokladov IV Mezhdunarodnoy konferentsii
“Maslozhyrovaya promyshlennost”. 46-52.

11. Konechenkov A. 2006. Ukrainske
biopalyvo: vykhid iz energetychnogo tupyka.–
Zelena energetyka. №2. 9 – 11.

12. Kushnir I. 2006. Perspektivy vyrobnytstva
ta pererobky ripaku v Ukraini. – Ekonomika
APK. №11. 27 – 30.

13. Lipski R .2011. Wykorzystanie biomasy
jako energii odnawialnej w Polsce na
przykladzie cieplowni opalanej sloma w gminie
wieniawa, Zeszyty Naukowe Motrol
Motoryzacja I Energetyka Rolnictwa, Tom 13 s.
164, Lublin, ISSN 1730 – 8658.

14. Morozova O. 2007. Svitovyy biopalyvnyy bum. Mozhlivosti dlya Ukrainy. – Zelena energetyka. №1. 16–18.
15. Mytchenok O. 2000. Zabezpechennya konkurentospromozhnosti vyrobnytstva ripaka. – Ekonomika APK. №3. 80–82.
16. Niedziółka I., Zuchniarz A. 2006. Analiza energetyczna wybranych rodzajów biomasy pochodzenia roślinnego, Zeszyty Naukowe Motrol Motoryzacja I Energetyka Rolnictwa, Tom 8A. – 232 – 237. – Lublin. ISSN 1730 – 8658.
17. Osiak J., Skulimowski J., Izdebski W. 2009. Mozliwosci pozyskania biomasy pochodzenia rolniczego na potrzeby energetyki zawodowej w Polsce, Zeszyty Naukowe Motrol Motoryzacja I Energetyka Rolnictwa, Tom 11. – 138. – Lublin. ISSN 1730 – 8658.
18. Przywara A., Kachel – Jakubowska M., Nowak J. 2010. Ocena zbioru slomy na podstawie wybranych technologii, Zeszyty Naukowe Motrol Motoryzacja I Energetyka Rolnictwa, Tom 12. – 132. – Lublin. ISSN 1730–8658.
19. Shtrubenkhoﬀ H., Movchan V., Burakovskyy I. 2009. Polityka Ukrainy u sferi silskogo gospodarstva, bioenergetyky ta harchovoyi promyslovosti – doslidzhennya, vysnovky ta rekomendatsiyi. 383.
20. Vyshnivskyy P.S. 2002. Efektyvnist vyroshchuvannya ripaka. – Ekonomika APK. №9. 101–104.

ENERGY AND ECONOMIC EFFICIENCY OF INVESTMENT IN PRODUCTION RAPE AND BIOFUELS

Summary. Established laws and characteristics of the distribution of random variables yields, profitability and production costs for growing canola.

Obtained correlations rape seed yield from investments in production, the cost of energy from crop yields. Justified the minimum required amount of investment in the production of canola, which provides cost-effective production.

Key words. Rape, biofuels, productivity, profitability, production costs, bio-energy production cost.

АНАЛИЗ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ И ОСОБЕННОСТИ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОЕКТОВ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Виталий Боярчук, Владимир Михалюк

Львовский национальный аграрный университет, Украина

Witaliy Boyarchuk, Volodymyr Mykhajluk

Lviv National Agrarian University, Ukraine

Аннотация. Для планирования проекта следует выполнять ряд последовательных действий. Их объем зависит от характера проекта, периода времени на реализацию, структуры и квалификации персонала, и от финансирования бюджета проекта. Операционные методы и модели планирования проектов используются для их правильного планирования.

Ключевые слова: методы, модели, проекты, планирование, энергообеспечения, этапы планирования сельскохозяйственных предприятий.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Неотъемлемой составляющей реализации проектов, в том числе и проектов в области энергетики, является выполнение процессов планирования. Однако, выполнение этих процессов тесно связано со спецификой предметной области, где реализуются проекты. Соответственно, с учетом выше сказанного, следует выполнить анализ действующих методов и моделей планирования проектов и возможности их использования в проектах энергообеспечения сельскохозяйственных предприятий на основании когенерации.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Анализ действующих методов и моделей обоснования конфигурации систем свидетельствует об их несовершенстве [1, 8]. К сожалению, они не учитывают многих явлений и факторов вероятной природы [2]. В частности, не учитывается то, что потреблению энергии в сельской местности присуща сезонность и то, что объемы потребления энергии в отдельных населенных пунктах являются величинами вероятными.

Поэтому полученные на их основе результаты нельзя признать достаточно точными для практического использования. Нельзя использовать для обоснования конфигурации проекта системы энергообеспечения сельскохозяйственных предприятий на основе когенерации действующий математический аппарат теории массового обслуживания [3]. Им не учтено то, что продолжительность потребления энергии зависит от параметров объектов конфигурации системы энергообеспечения. Учитывая это, следует разрабатывать соответствующие методы и модели, которые сделали бы устранения указанных нестыковок и позволили обосновать конфигурацию проектов с учетом производственно – технологических рисков.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Выполнить анализ действующих методов и моделей планирования проектов и обосновать возможность их использования в проектах энергообеспечения сельскохозяйственных предприятий на основании когенерации.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Неотъемлемой составляющей реализации проектов является их планирование, которое в значительной степени влияет на их эффективность. Планирование предусматривает выполнение ряда процессов, которые касаются разных составляющих управления проектами и имеет свою специфику относительно предметной области, где реализуются проекты.

Существуют многочисленные подходы к осуществлению планирования проектов, однако, основными из них являются два основополагающих подхода: линейное планирование и текущее планирование, которые в итоге определяют выбор

подходящего принципа планирования проектов [6]. Методы и модели линейного планирования предусматривают концентрацию информации и познания ее сути с соблюдением последовательных действий. В частности, оно используется в различных сферах управления проектами (конфигурации, содержания, времени, риска и т.д.) и касается как отдельных групп процессов, так и рассматривает их как единое целое, где каждый элемент процесса планирования влияет на все остальные.

Однако, использование методов и моделей линейного планирования при реализации проектов энергообеспечения сельскохозяйственных предприятий ограничен по ряду особенностей этих проектов. В частности, линейное планирование не учитывает меняющихся составляющих проектного среды характерных проектам энергообеспечения сельскохозяйственных предприятий на основании когенерации.

Известны также методы сетевого планирования, которые относятся к набору графических методов, используемых при планировании проектов и контроля за ними. Для любого типа проекта основными ограничениями есть время, расходы и наличие ресурсов. Сетевые методы были разработаны для планирования и отслеживания всех составляющих проектов как отдельно, так и в различных комбинациях. Наиболее известными методами составления сетевого графика является метод PERT (Program Evaluation And Review Technique - метод оценки и пересмотра проектов) и CPM (*Critical Path Method*-метод критического пути). Оба они разработаны в 50-х годах XX в. Метод PERT был создан в 1958 году под эгидой Управления специальных проектов ВМС США (US Navy Special Projects Office) как инструмент для составления графика и контроля за ходом работ при разработке ракет Polaris [7, 9].

Используя упомянутые выше методы, легко представить проект в графической форме. Его отдельные задачи связываются между собой таким образом, чтобы основное внимание было сосредоточено на важнейших для выполнения проекта моментах. Таким образом основная задача управления, с

применением метода критического пути при планировании и выполнении проектов, заключается не только в том чтобы предначертать определенную последовательность, в которой должны выполняться те или иные группы работ. С помощью этого метода можно представить цепь работ, на выполнение которых потребуется большое время, что позволит определить в каком месте реализации проекта наиболее важно сделать все возможное, чтобы не допустить задержки выполнения проекта.

Несмотря на достоинства сетевого планирования существует ряд недостатков. В частности, методы сетевого планирования не позволяют учесть такие меняющиеся составляющие проекта энергообеспечения сельскохозяйственных предприятий, как неравномерность потребности энергии как в разрезе отдельного суток, так и на протяжении отдельного календарного года.

Для инициализации проектов, в частности планирования целей и проблем решаемых в проекте, предлагают различные методы [15]. В зависимости от значимости проблемы и возможного доступа к необходимой информации можно делать анализ с помощью трех методов – сравнительный анализ, выявление слабого места и перечень аналитических вопросов. Сравнительный анализ позволяет сравнивать данные собственного проекта по данным ведущих фирм производителей или фирм со средними параметрами одинакового профиля. С помощью метода – выявление слабых мест отслеживают слабые места через проверки и выяснения ошибок и возможных проблем, в т.ч. последовательности: выяснение возможных ошибок, оценка ошибок, выяснения возможных проблем. С помощью метода перечня аналитических вопросов выясняют проблемы через ответы на вопросы, позволяющие определить проблемы.

Суть предметной области состоит: а) в формировании концепции применения различных типов когенерационных установок в зависимости от инновационных целей и заданных условий энергообеспечения, а также оценке их энергетической и экономической эффективности; б) реконструкции типовых схем при их реализации для нужд сельскохозяйственных предприятий.

АНАЛИЗ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ И ОСОБЕННОСТИ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОЕКТОВ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Основными методами планирования последовательности действий проекта в соответствии с его структурным планом является планирование необходимого количества персонала определенной специализации и продолжительности его участия для реализации проекта. Чтобы спланировать временной отрезок каждого действия в проекте используют следующие методы: упорядочение списка, со всеми действиями, где указываются предыдущие и последующие действия; столбиковые диаграммы: диаграмма Ганта, PLANNET-диаграмма; технику сетевого планирования (Network Techniques); технику процессуальной стрелки; технику узелка действия (Metra Potential Method – MPM) и др.

По планированию проектной деятельности существует ряд методов и моделей, которые направлены на решение задач, которые ставятся перед командой проекта. Различают нормативные и групповые методы распределения задач между проектной командой [12]. На основе нормативных методов выбирают нужных специалистов среди претендующих работать в проектной команде. Для них дают те задачи, которые они с имеющимися знаниями, опытом и инструментарием могут эффективно решать. Групповой метод распределения задач между членами команды проекта базируется на том, что команда проекта будет создана из определенного количества специалистов, которые имеют идентичные интересы и хотят решать вместе общие задачи так, чтобы достичь от продукта проекта максимального результата. Однако, действующие методы и модели планирования проектной деятельности не учитывают особенностей формирования конфигурации продукта проекта, которая влияет на структуру задач, необходимости их решения и соответственно и требования к команде проекта.

Особенности структуры продукта проектов систем энергообеспечения сельскохозяйственных предприятий предусматривают укрупненное разделение его на компоненты по определенным признакам. К таким признакам относятся: 1) назначение компоненты; 2) очередность взаимодействия компоненты с проектным средой и т.д.

Приведенные признаки являются основой планирования структуризации продукта энергообеспечения сельскохозяйственных предприятий на основании когенерации.

Каждый из компонентов вмещает в себе объекты конфигурации со своими физическими и функциональными характеристиками. Объекты конфигурации выбираются по следующим признакам: 1) заводом изготовителем; 2) производительностью (теплотворной способностью); 3) удельными затратами энергии; 4) рыночной стоимостью; 5) надежностью и т.д. К сожалению, в настоящее время отсутствуют практические рекомендации по возможности использования этих признаков как критериев выбора объектов конфигурации. Ни один из указанных признаков не дает возможности определить их системную эффективность. Системную эффективность объектов конфигурации можно обосновать на основе создания и исследования моделей виртуальных систем продукта проектов систем энергообеспечения.

Продукт проектов систем энергообеспечения включает компоненты которые содержат объекты конфигурации. Между ними существуют взаимосвязи. Определение эффективности каждого из отдельных компонентов и объектов конфигурации следует проводить системно [14]. Перечень работ устанавливается по рабочей структуре проекта, дальше проектный менеджер определяет логическую последовательность выполнения работ, тип связей между работами. Эта информация формирует календарь проектных работ. График последовательности намечается согласно календарю проектных работ. Каждая работа представляет собой прямоугольник, в котором размещены параметры сетевого графика. Все работы должны быть соединены между собой логическими связями (рис.).

Сетевой график узловых событий это графическое отображение логики выполнения проекта, изображение вариантов последовательности выполнения работ с учетом их параллельности. Перечень работ устанавливается исходя из рабочей структуры

проекта, а дальше проектный менеджер определяет логическую последовательность выполнения работ и тип связей между работами.

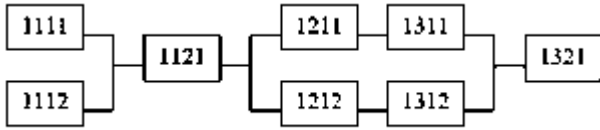


Рис. Схема взаимосвязей объектов конфигурации системы

Fig. Chart of intercommunications of objects of system configuration

где: 1111, 1121, 1212, 1312, 1321... – коды работ.

Для раскрытия приведенных взаимосвязей следует решить ряд задач планирования. Чтобы сформулировать эти задачи воспользуемся методологией системотехники, которая предусматривает следующие этапы: 1) выделение задач; 2) описание задач; 3) установление критериев; 4) принятие идеализаций; 5) декомпозиция задач; 6) композиция задач; 7) решение задач [1]. Методика концепции системотехники дает возможность системно описать существующие задачи планирования конфигурации проектов систем энергообеспечения.

Методика обоснования вариантов конфигурации проектов систем энергообеспечения сельскохозяйственных предприятий на основании когенерации заключается в следующем: на несколько вариантов конфигурации проекта энергообеспечения влияют формы организации энергоснабжения и параметры компонент этой системы. Известно, что такие системы состоят из трех компонентов: 1) генерирующего агрегата, обеспечивают преобразование одного вида энергии в другой 2) объектов потребления; 3) системы генерации и транспортировки энергии к потребителю. Кроме того, каждая из указанных компонент вмещает в себе объекты конфигурации, параметры которых формируют множество возможных вариантов конфигурации проекта систем энергообеспечения сельскохозяйственных предприятий на основании когенерации.

ВЫВОДЫ

Выполненный анализ действующих методов и моделей планирования проектов свидетельствует о том, что инструментария для реализации соответствующих процессов разработано достаточно. В частности, существуют как международные стандарты, в которых представлены общетеоретические аспекты, так и методы и модели для реализации проектов в различных предметных областях. Однако, использование действующего инструментария для планирования проектов энергообеспечения сельскохозяйственных предприятий на основании когенерации ограничено в силу специфики их проектной среды. В частности, не учитывается сезонность потребности в энергии как в разрезе отдельного календарного года, так и в разрезе отдельной суток. Поэтому существует необходимость разработки методов и моделей планирования проектов энергообеспечения сельскохозяйственных предприятий на основании когенерации с учетом специфики их проектной среды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Sudorchyk O. 2007/ Injeneria mashunnuh sistem: Monografia. – K: NNC „IMESG” YAAN. – 263.
2. Lufshuc A.L., Malc E.A. 1978. Statusticheskoe modelirovanue sistem masovogo obslyjuvanua.-M.: Sov. Radio. – 248.
3. Klifford F. Grei, Erik U. Larcon. 2007. Upravlenue proektamu: Praktucheskoe rykovstvo./ Per s angl. – M.: Delo i servis. – 608.
4. ISO 1007. 1995. Administrativnoe upravlenue kachestvom. Rykovodyashchue ukazanie po upravlinnu konfigyracsuei. Mejdynarodnui standart. – 14.
5. Tarasuk G.M. 2004. Upravlennya proektamu. Gutomur: GDTY. – 470.
6. Tyan R.B., Holod B.I., Tkachenko V.A. 2003. Upravlennya proektamu: Pidrychnuk.– K: Centr navchalnoi literatyru. – 224.
7. Batenko L.P., Zagorodnih O.A., Lishunska V.V. 2005. Upravlennya proektamu. Navch. Posibnuk.-K.:KNEY. – 231.

АНАЛИЗ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ И ОСОБЕННОСТИ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОЕКТОВ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

8. Tarasuk G.M., Shvab L.I. 2003. Planyvannya dialnosti pidpruemstva: Navch. Posibnuk. – K.: Karavela. – 224.
9. Nozdrina L.V. 2006. Proektno orientovane upravlinnya zaprovsdjennya DO//36. materialiv 2-i mijnarodnoi naukovu – praktuchnoi konferencii upravlinnya proektamu: stan i perspektuvu. – T. 2. – 150 – 154.
10. Kravchuk V., Pogorilui V., Shustik L. 2009. Novitni tehniko–tehnologichni rishenya dlya riznuh sistem: proekt „AgroOlimp 150” Tehnika i tehnologii APK. – №1. 22 – 27.
11. Pogorilui L. ta in. 2003. Tehnologichni pryncipu i tehnicni zasobu energozberejennya v silskogospodarskomu vurobnuctvi // Tehnika APK. – №4. – 5. – 28 – 30.
12. Arkin V.I., Evstugneev I.V. 1979. Veroyatnoe modeli upravlenuya I ekonomicheskoi dunamiku. – M.: Nayka. – 176.
13. Lapugin D., Novichkov A. 2010. Upravleniya konfiguracii i izmineniyami: RUP ili INIL. – Rejzum dostupy: <http://www.osp.ru>.
14. Shapiro V.D. 2000. PROGET MANEGEMENT / Upravleniya proektamu: Tolkovui anglo–ruskui slovar–spravochnuk.–M.: Izdatelstvo “Vusshaya shkola”. – 379.
15. Derenska Y.M. 2007. Upravleniya proektamu y shemeh: Navch. Posibnuk. – H.: NfaY. – 229.
16. Kobulyackui L.S. Upravleniya proektamu: Navch. Posibnuk./MAYP.–K.: MAYP, 2002. – 198.
17. A Guide to the Project Management Body of Knowledge. Project Management Institute, PMI Publishing Division, 1996.
18. Zakon Ykrainu “Pro energozberejennya” vid 1 lupnya 1994 r.
19. Ivory Terrace, R.C., Devki Energy Consultancy Pvt. Ltd., 405, Dutt Road, Vadodara – 390007, India.
20. Sudorchuk O., Lub P., Sharybura A. 2011. Stochastic character of the naturally predicted optimal time of soil-tillage and plantsowing works in the springperiod// Motoryzacja i energetyka rolnictwa// Motpol. – Lublin. – Tom 13. – 302 – 308.
21. Trojanowska M., Maopolski J. 2011. Forecast models of electric energy consumption by village recipients over a long-term horizon based on fuzzy logic// Teka kom. Mot. I energy. Roln. – ol pan, 11. – 327 – 334.

ANALYSIS OF OPERATING TOOL AND FEATURE OF PLANNING OF PROJECTS OF ENERGOOBESPECHENIYA OF AGRICULTURAL ENTERPRISES

Summary. For planning the project, you must perform a series of sequential actions. Their amount depends on the nature of the project, the implementation date, structure, and qualifications of personnel, and tekie from financing from the budget of the project. Operating methods and planning models are used to determine the effectiveness of all components and configuration objects of the project.

Key words: methods, models, projects, planning, energy planning steps of the pr

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЛЕМЕШНЫХ ПЛУГОВ ПУТЕМ РЕГУЛИРОВАНИЯ ШИРИНЫ ЗАХВАТА КОРПУСОВ

Василь Смильский¹, Александр Сидорчук²

¹Тернопольский национальный педагогический университет им. В. Гнатюка, Украина

²Национальный научный центр «ИМЭСХ», Украина

Vasiliy Smyl'skiy¹, Alexander Sydorchuk²

¹State National Pedagogical University named after Volodymyr Hnatyuk, Ukraine

²NSC «Institute of farm mechanization and electrification», Ukraine

Аннотация. Анализируется возможность повышения эффективности обработки почв лемешными плугами. Показано, что необходимое качество обработки может быть получено путем адаптации параметров рабочих органов плуга к технологическим свойствам почвы.

Ключевые слова: плуг, захват, обработка, почва, лемех.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Рациональная обработка почвы занимает одно из центральных мест в повышении урожайности культурных растений. Без правильной обработки невозможно применить весь комплекс агротехнических мер повышения плодородия почвы [1, 2, 5-8]. Задача механической обработки состоит в том, чтобы создать оптимальную объемную массу и структуру почвы. К сожалению ни одно из ныне существующих земледельческих орудий не способно обеспечить требуемое качество обработки почвы за один проход: лапы культиваторов могут хорошо крошить и перемешивать почву, подрезать сорняки; катки уплотняют и выравнивают почву, дробят крупные комья; отвальные плуги, оборачивая почву, заделывают органические удобрения и перемешивают слой. Неудовлетворительное качество почвы после основной (плужной) обработки вынуждает проводить дополнительное воздействие иными типами орудий. Традиционные технологии возделывания сельскохозяйственных культур предполагают последовательное применение, по крайней мере, трех различных взаимно незаменимых орудий: плуга, культиватора, дисковых или зубовых борон, что создает новые проблемы: из-за увеличения числа проходов агрегатов почва

уплотняется и распыляется, возрастают удельные затраты средств на единицу конечной продукции. С момента появления механической обработки почв критериями оптимизации вновь создаваемых сельхозмашин принимались различные удельные показатели: производительность, приведенные затраты, материалоемкость, сопротивление, но не качество работы [1,2]. Из соображений наименьшего удельного сопротивления ширина захвата корпуса главного земледельческого орудия – плуга была принята равной 35 см. Агротехническое качество результатов работы орудий было отодвинуто на второй план, несмотря на то, что основатели земледельческой науки указывали на совершенно иной критерий качества почвы – структурное состояние [3-6, 8].

Академик В.П. Горячкин отмечал, что для различных почв, должны быть разработаны серии плугов с возможностью изменения глубины и ширины пахоты [7]. Он считал, что для современной агротехники главной задачей нужно считать характер крошения пласта различной толщины в различных условиях при посредстве клиньев всевозможной формы. Необходимость создания плугов с изменяемой шириной захвата и эффективность их применения обоснованы и в других исследованиях [12 – 14].

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Рациональность многоступенчатой системы обработки почвы сейчас ставится под сомнение, поэтому в агрономической литературе все чаще выдвигается требование о минимальном числе ежегодных обработок [9, 13, 18]. В развитых странах мира ведутся

интенсивные поиски новых технологических приемов обработки, направленные на защиту ее от эрозионных процессов, сохранение и повышение плодородия почвы, а также на сокращение трудовых и энергетических затрат. На всех уровнях исследований активно обсуждаются преимущества и недостатки различных видов обработки: отвальной и безотвальной, глубокой и мелкой, поверхностной и даже прямого высева в необработанную почву [9,12,13,19]. В последнее время настойчиво высказываются рекомендации полностью отказаться от вспашки и монооперационных орудий и перейти к многофункциональным комбинированным широкозахватным агрегатам, которые за один проход выполняют несколько технологических операций. Считается, что они универсальны и адаптированы к различным природно-производственным условиям [9]. Идея эта не нова, ее предложил М.Е. Мацепуро еще в 1963 году [10]. Он считал, что существенная раздробленность технологий на мелкие операции препятствует эффективному применению сельскохозяйственной техники, уменьшает и без того низкий коэффициент использования механической энергии трактора. Следует придать особое значение изысканию новых, более экономичных технологических приемов работы тракторных агрегатов, разработке и применению комбинированных средств механизации, позволяющих за один проход агрегата производить целый ряд технологически взаимосвязанных операций, обеспечивающих высокое качество работы. При этом следует учесть, что речь идет не только об объединении отдельных элементарных технологических операций в единый процесс, но и о разработке качественно новых, более совершенных машин и выполняемых ими технологических процессов, которые не повторяют и не копируют прежние, а заменяют их. С тех пор создано множество различных комбинированных орудий, но их рабочие органы практически не изменились, а огромный вес и габаритные размеры не прибавляют таким агрегатам универсальности. Например, почвообрабатывающий

многофункциональный агрегат АПМ-6 производства ОАО «Бобруйсксельмаш» способен один выполнять все технологические операции по обработке почвы. Но сам он весит он 11 тонн, а вместе с трактором Беларус 3022В, который должен его перемещать, вес составляет 3,75 тонны на 1 м захвата. Немного легче агрегаты АКМ-4 и АКМ-6, которые имеют удельный вес 2,31 и 2,78 т/м в агрегате с тракторами Беларус 1522 и Беларус 2522ДВ соответственно [10]. На перемещение такой горы металла тратится огромное количество энергии. Возможно, они и могут подготовить почву к посеву за один проход агрегата, но из-за большой металлоемкости, тягового сопротивления и низкой маневренности их эффективное использование возможно только на больших площадях поля. Учитывая тот факт, что фермерские хозяйства расположены на полях мелкого контура следует поискать более экономичные способы обработки почв.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

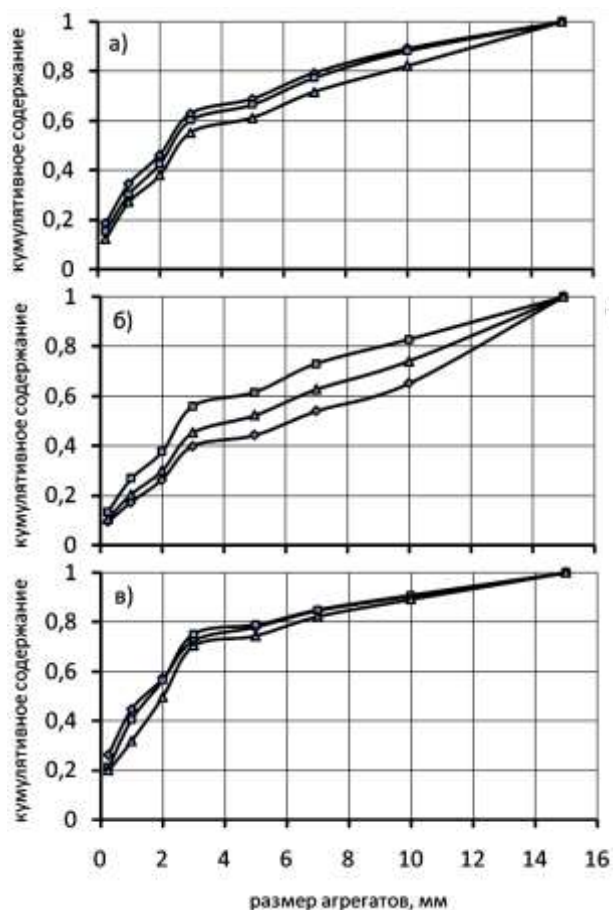
Наше исследование заключается в приближении к решению проблемы повышения эффективности вспашки путем оптимизации ширины захвата корпуса лемешного плуга.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Главным показателем качества работы земледельческого орудия является степень крошения почвы. Наиболее ценными считаются комки размером 0,25-10 мм [4,5]. Экспериментально доказано, что каждый вид обработки дает эффект только в отдельных случаях. Подтверждением тому являются результаты исследований [11], представленные на (рис. 1), где изображены кумулятивные распределения агрегатов супесчаной почвы после ее обработки различными орудиями на трех различных фонах.

Как видно из рисунков заметной разницы между крошением почвы отвальным плугом и поверхностной обработкой нет. Несколько лучшие результаты получены чизелеванием на картофельном поле.

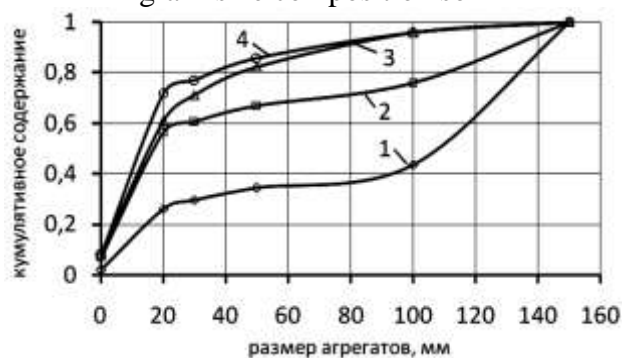
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЛЕМЕШНЫХ ПЛУГОВ ПУТЕМ РЕГУЛИРОВАНИЯ ШИРИНЫ ЗАХВАТА КОРПУСОВ



а) – озимая рожь; б) - картофель; в) – ячмень;
 ◆ – пахота; ■ - чизелевание; ▲ -
 поверхностная обработка

Рис. 1. Кумулятивное содержание фракций почвенных агрегатов после обработки различными орудиями

Fig. 1. Polygon of the frequency distribution of grain-size composition soil



1 – разноглубинная; 2 – обычная;
 3 – нулевая; 4 - поверхностная

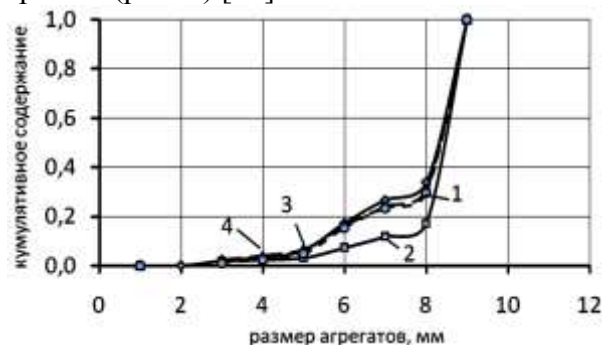
Рис. 2. Характеристика различных способов обработки дерново-подзолистой тяжело суглинистой почвы

Fig. 2. Description of different ways heavily loamy of treatment soil

Не видно существенной разницы между качеством обработки орудиями и на

дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве, разве что пахота дает наихудшие результаты (рис. 2) [12].

Несколько лучший эффект получен в комбинации классических корпусов с активными приспособлениями. Они позволяют в широком диапазоне изменять качество крошения пласта и подготавливать почву под посев за один проход пахотного агрегата (рис. 3) [14].



1 - контроль; 2 – П-5-35М; 3 – ПОД-5-35л;
 4 - ПОД-5-35з;

Рис. 3. Дробление почвы плугом с комбинированными корпусами

Fig. 3. Crushing soils by a plough with the combined corps

Эффективным конструктивным решением проблемы может служить изменяемая ширина захвата и регулируемая геометрия корпусов плуга. Известный немецкий почвовед М. Краузе еще в 1931 году писал, что какую-либо работу выгодней произвести сразу наиболее совершенным образом, чем позже тратить время и рабочую силу на исправление недочетов. Прежде всего, это относится к главной вспашке после снятия урожая. Это не простая вспашка, а именно та, которая закладывает основу структуры пахотного слоя почвы на целый год. Если удастся нам разрыхлить почву, во всем ее объеме и расположить ее хорошим ровным слоем без больших пустот, то мы чрезвычайно облегчим и упростим себе дальнейшие работы. Чем меньше захват плуга, тем больше нарушается механическая связь пахотной почвы по всей глубине, и тем лучше происходит перемешивание составных частей почвы, крошение и ссыпание земли за плугом, что заслуживает особого внимания при крепкой почве. Если это основное разрыхление и перемешивание с самого начала произведено правильно, то

подобная пашня в своей внутренней массе слеживается не так скоро. Пашня, вспаханная широкими бороздами, пересыхает водой, так как она не имеет основательного внутреннего разрыхления. Поэтому на тяжелых крепких почвах надо строго следить за тем, чтобы при первой вспашке ширина борозды была не выше 12,5 см [17]. Новейшие исследования подтверждают необходимость и возможность разрушения связного строения почв при главной вспашке.

Например, в опытах с макетом 6-ти корпусного плуга оснащенного корпусами ПТК-21.000 в агрегате с трактором Т-150К регулировалась ширина захвата в пределах 0,25...0,50 м [15]. Измеряли тяговое и удельное сопротивление, скорость движения, глубину и ширину захвата плуга, и агротехнические показатели: влажность и твердость почвы, степень крошения пласта. Представленные на рисунке 4 результаты исследований показывают, что при ширине захвата 0,25 м можно получить около 87 % агрегатов размером до 2,5 см.

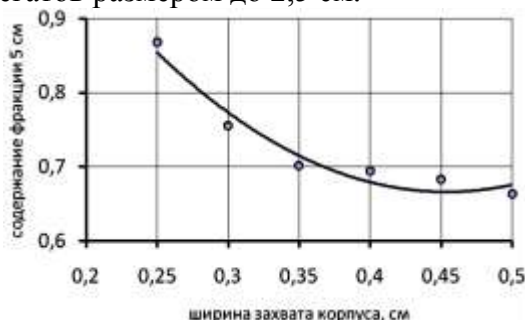


Рис. 4. Количество фракций агрегатов размером 2,5 см в зависимости от ширины захвата корпуса

Fig. 4. Amount of factions of aggregates measuring 5 cm depending on the width of capture of corps

Другими исследованиями также выявлено, что с уменьшением ширины захвата плужного корпуса от 0,45 до 0,25 м крошение почвы улучшается до уровня агротехнических требований (рис. 5) [16]. Корпус с шириной захвата 25 см создает около 88% комков размером до 5 см (график 1). Да, удельное сопротивление при этом возрастает (графики 2 и 3), но зато появляется возможность уменьшения затрат энергии на последующую обработку.

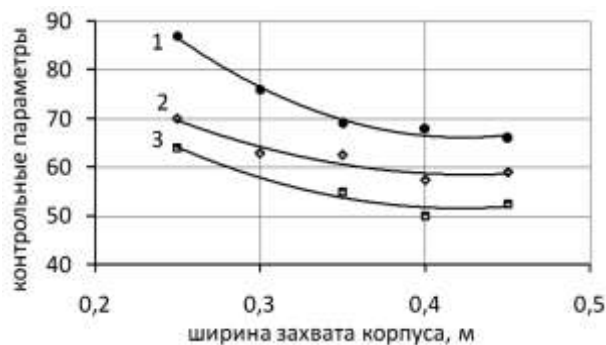


Рис. 5. Зависимость параметров работы плуга от ширины захвата корпуса

Fig. 5. Dependence of parameters of work of plough on the capture of corps

1 – крошение почвы при скорости 2,55 м/с, %; 2 – удельное сопротивление при скорости 2 м/с, кН/м²; 3 – удельное сопротивление при скорости 2,55 м/с, кН/м²;

Из приведенных данных видно, что изменение ширины захвата корпуса плуга является перспективным способом улучшения крошения почвы. Необходимость создания плугов с изменяемой шириной захвата и эффективность их применения обоснованы рядом исследований.

Сейчас мировое сельскохозяйственное машиностроение предлагает много различных конструкций плугов с регулируемой шириной захвата и возможностью регулирования положения лемеха относительно дна и стенки борозды. Минимальная ширина захвата у предлагаемых плугов ограничена 35 см. Например, 8-корпусный полунавесной плуг ПНУ-8-40 ОАО «ОДЕССЕЛЬМАШ», агрегатируемый с тракторами мощностью более 150 кВт, позволяет регулировать ширину захвата в пределах 2,8-4,0 м. Полунавесной плуг ПНУ-6-40 имеет минимальную ширину захвата корпуса полунавесного плуга ПНУ-6-40 - 0,35 м.

Фирма KUNN предлагает 8 корпусный плуг MULTI-LEADER, позволяющий регулировать захват корпусов ступенями - 35-40-45-50 см. Фирма Lemken выпускает плуги с регулируемой шириной захвата каждого корпуса в пределах 30-55 см. Как следует из изложенного выше, ни один плуг не позволяет уменьшить ширину захвата корпуса меньше 30 см.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЛЕМЕШНЫХ ПЛУГОВ ПУТЕМ
РЕГУЛИРОВАНИЯ ШИРИНЫ ЗАХВАТА КОРПУСОВ
ВЫВОДЫ

Изменение ширины захвата корпуса плуга в пределах 0,25 - 0,45 м можно считать действенным способом достижения приемлемого качества обработки почв лемешными плугами. Дополнительными факторами для достижения необходимого качества обработки могут быть скорость вспашки и угол установки лемеха ко дну и к стенке борозды относительно технологическим свойствам почвы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Halanskyi V.M., Gorbachov I.V. 2004. Selskohozaistvennye mashyny. – M.: Kolos. – 624.
2. Klenin N.I. Sakun V.A. 1980. Selskohozaistvennye i meliorativnye mashyny. Elementy teorii rabochih processov, raschet regulirovochnyh parametrov i regymov raboty. 2-e izdanie, pererab. i dop. – M.: Kolos, – 671.
3. Viliams V.R. 1949. Sobranie sochinenii. T.III. Zemledelie. Gos. izd-vo selskohozaistvennoi lit. – M. – 468.
4. Gedroic K.K. 1920. K voprosu o pochvennoi structure i selskohozaistvennom ee znachenii // Izv. Gos. ins-ta opytnoi agronomii. – T.4. – Vol. 3. – 117 – 127.
5. Vershinin P.V. 1958. Pochvennaia structura i uslovia ee formirovaniya. M.-L. Izd-vo AN SSSR. – 186.
6. Kostychev P.A. 1951. Izbrannye trudy. Moskva. Izd-vo AN SSSR. – 668.
7. Gorachkin V.P. 1968. Racionalnaia formula dlia sily tiagi plugov. Sobr. soch. T.2. – M.: Kolos, – 468.
8. Gorachkin V.P. 1968. Sobranie sochinenij. – T. 2. – M.: Kolos. – 240.
9. Tochickii A.A. 2009. Novye tendencii i principy sozdania tehniky dlia obrabotki pochvy // Meyanizacia i elektrifikacia selskogo hozaistva: megved. temat. sb. – Minsk. Vol. 43. –T. 1. – 62 – 69.
10. Macepuro M.E. 1963. K voprosu obosnovaniya napravleniya mehanizacii zemledelia Nechernozemnoi zony strany. Trudy CNISMESCH. – T 1. – 256.

11. Razuvanov V.A. 2002. Vlianie obrabotki supeschanoi pochvy na ee agrofizicheskie svoistva // Agropanorama. Vol. 5. – 12 – 14.
12. Karpuchenko V.I. 1989. Izmenenie fizicheskikh svoistv dernovo-podzolistoi pochvy pod vlianiem razlichnykh sposobov obrabotki // Resursosberehajushie sistemy obrabotki pochvy. – M.: Agropromizdat. – 76-80.
13. Kukresch L.V. 2010. Obrabotka pochvy: problemy, priority, resenia // Belorusskoe selskoe hozaistvo. –Minsk. – Vol. 4. – 4 – 8.
14. Panov I.M. 1970. Krosyenie pochvy plugom s kombinirovannymi plugnymi korpusami // Traktory i selskhoz mashyny. –Vol. 2. –18–20.
15. Volobuev V.A. 1983. Vlianie shiriny zachvata pluha na energeticheskie i agrotehnicheskie pokazateli vspashki. Sb. nauch. trudov VIM. – M., – 82 – 88.
16. Lepteev A.A., Gilko A.S. 1986. Odosnovanie osnovnykh parametrov unificirovannogo semeistva modulnykh pluhov // Traktory i selskhoz mashyny. –Vol. 9. –30–36.
17. Krauze M. Obrabotka pochvy kak faktor urogainosti. L.; M.; Gos. izd. koop. lite-ry/ –M. – T. XVI. – 296.
18. Boris Pasaman, Viktor Zakharchuk. 2012. The Determination of the Parameters of a Ploughshare -Rotor Potato Digger // TEKA. Commission of motorization and energetics in agriculture. – Vol. 12. – No. 2. – 323–327.
19. Elena Luzan. 2012. Obosnovanie parametrov zadelyvajushgo rabocheho organa dlja pramogo poseva zernovykh kultur / Elena Luzan, Vasiliy Salo, Petr Luzan, Sergej Leshenko // MOTROL. Motoryzacija i Energetyka Rolnictwa. – LUBLIN – Vol. 14– №1. – 168 – 173.

**INCREASING THE WORKING
EFFICIENCY OF PLOUGHSHARES
PLOUGHS BY ADJUSTING OF THE
WIDTH OF CAPTURE**

Summary. The possibility of increasing the working efficiency of ploughshares ploughs is analyzed. It's determined that the required soil quality may be obtained by adaption of working organs parameters concerning plough to the technological properties of the soil.

Key words: plough, capture, treatment, soil, ploughshare.

PRODUCTIVITY FORMATION MODEL OF OSIER (*SALIX VIMINALIS*) AGROCENOSIS

Vasyl Lopushnyak, Ghalyna Hrytsulyak
Lviv National Agrarian University, Ukraine

Summary. A bioenergetic analysis of the energy content of humus in sod-podzolic soil depending on its fractionally-grouped composition has been conducted.

A mathematical productivity formation model of osier agrocenosis depending on the use of sewage sludge as an organic fertilizer is being posted.

Key words: sewage sludge, humus, osier (*salix viminalis*), sod-podzolic soil, biomass.

STATEMENT OF THE PROBLEM

High potential of productivity and wide rank of opportunities to use osier plantations in unproductive lands provide environmentally friendly raw materials for biofuel production, which leads to increased interest in this crop. Productivity build-up of such plants can be effectively managed.

Exploration of the ways to improve the yield of osier made under the influence of sewage sludge in Ukraine was almost not conducted. That is why the evaluation of osier fertilization using sewage sludge in technological schemes of growing of this plant is so urgent.

ANALYSIS OF RECENT RESEARCHES AND PUBLICATIONS

The problem of energy security and formation of a stable base of energy resources are widely discussed in academic circles in Ukraine.

Nowadays, in all highly developed countries, special programs focused on growing wood energy resources, including osier are carried out and implemented. [16, 19]. Osier is known for its intensive growth of vegetative mass and a high degree of nutrients absorption from the soil [18].

The productivity increase of this crop may be achieved by using sewage sludge as a fertilizer for cultivation of fast – growing tree species, as the country suffers from an overabundance of sewage sludge in communal services [1–3].

However, environmentally safe use of sewage sludge is poorly understood, particularly if we speak about osier. Therefore, we need more research to know the peculiarities of productivity features of osier plantations growing depending on the mineral nutrition backgrounds formed by use of sewage sludge.

Osier biomass in the form of fuel wood chips and pellets is the main raw material for the production of green energy to power stations in Sweden, Denmark, Belgium, Finland, England, Germany, Austria and Poland [9, 10]. Willow has a high energy heat and a low release of harmful substances during combustion. The crop is harvested every three years during which willow grows to 5 – 6 meters high. Being cut, willow grows again [16, 18].

In developed countries, the preference is given to the use of sludge as fertilizer during greening of cities, parks, highways [1, 4]. The selection of crops and species for the very soil is a major factor that determines the high yield and is good enough for wastewater purification [8, 13–16].

The investigation of sewage sludge use on osier in Ukraine is only at the stage of experimental researches.

STATEMENT OF THE OBJECTIVE

The objective of our researches was to determine the patterns of agrocenosis formation of osier in different rates of application of sewage sludge.

THE MAIN STUFF

Laboratory studies were carried out in the Laboratory of Physics and Chemistry of Soil, Institute of Nature Science, Precarpathian National University of Stefanyk (certificate IF 549, 30–12–2011) with standardized methods.

Field studies were carried out on sod-podzolic soils of Precarpathian area, village Chukalivka, Tysmenytsia district, Ivano-Frankivsk region, on the collectible research

field of Ivano–Frankivsk College LNAU.

Variants of the experiment:

1. Control - without fertilizers;
2. Fertilizers - N100P100K100;
3. Sewage sludge (SS) 3 – 40 t / ha;
4. SS 4 – 60 t / ha;
5. SS 5 – 80 t / ha;
6. Compost SS + sawdust (3: 1) – 60 t / ha;
7. Compost SS + straw (3: 1) – 20 t / ha;
8. Compost SS + straw (3: 1) – 40 t / ha;
9. Compost SS + straw (3: 1) – 60 t / ha;
10. Compost SS + straw (3: 1) + cement dust 10% - 40 t / ha.

The scheme of osier planting: 0,33 x 0,70 m. The total area of the research ground – 1296 m², the research ground – 840 m², repetition – three times.

Sod–podzolic soil of the research field is typical for Precarpathian. Before carrying out the experiment, the top layer 0 – 20 cm (HE) – humus–eluvial horizon was marked with such agrochemical parameters: pH saline – 5,5; hydrolytic acidity – 4; amount of absorbed basics – 14,6 mg / 100 g of soil; humus content – 2,34%.

The humus content was determined by the method of Tyurin [5], and its fractionally–grouped composition - the method of M.M. Kononova – N.P. Belchikova.

Nowadays, bioenergy and energy issues of soil are becoming more and more important, due to both – general environmental problems and specific practical problems of preservation and restoration of soil fertility [8 – 10]. For a proper evaluation of the energy state of the soil we took into consideration fractionally–grouped composition of humus, its calorific value and agrophysical condition of the soil which changed under the influence of fertilization [4, 7].

Calculations indicate significant differences in terms of accumulation of energy reserves in humus soil under the influence of sewage sludge as an organic fertilizer (tab. 1).

To evaluate the energy state of soil we use the equation [11 – 13], that takes into account the quality of the humus and its main fractions:

$$Q=(19,96HA+9,16FA\cdot 17,86HR)\cdot H\cdot d\cdot 10, \quad (1)$$

where Q – energy reserves accumulated by humus soil, GJ / ha; 19,96 – heat of combustion of humic acids kJ / g; 9,16 - heat of combustion of fulvic acids, kJ / g; 17,86 – heat of combustion of humic remnants kJ / g; HA – content of humic acids,%; FA – fulvic acid content,%; HR – humic remnants content,%; H – soil layer, m; d – the density structure of soil, g / cm³; 10 – conversion factor in GJ / ha.

The calculations showed that fertilization systems have different effects on the fractional–grouped composition of humus. In particular, due to different heatmaking ability of certain groups of humic compounds, total reserves of accumulated energy in humus differ significantly.

In our studies the energy reserves in the soil layer 0 – 20 cm were 4,69 GJ / ha. Under the influence of mineral fertilization system in the soil layer (0 – 20 cm) humus content did not increase, but the energy reserves of humus increased to 5,92 GJ / ha compared to control option.

Application of sewage sludge (SS) provided to accumulation of humic compounds in soil and increasing the share of humic acids and non-hydrolyzed remnant which possess the highest heat capacity. The energy capacity of humus in the plow layer soil increased with the increase of amount of sewage sludge. Under the influence of fertilization with compost from sewage sludge and sawdust (3: 1) we observed the increase of energy stored in humus by 0,88 GJ / ha compared to control option.

Variants 5 and 6 showed the highest levels of gross energy reserves with the highest application rate of sewage sludge. In these variants, the energy intensity index stood at 6,28 GJ / ha and 5,46 GJ / ha, respectively.

PRODUCTIVITY FORMATION MODEL OF OSIER (SALIX VIMINALIS) AGROCENOSIS

Table 1. Energy capacity of humus soil under different fertilization systems on average for 2011 – 2014 years

| Option | Heatmaking capacity of humus, kJ/g | Groups of humic substances, J/g | | | Energy reserves accumulated in humus, GJ / ha |
|---------------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|------|--------|-----------------------------------------------|
| | | Σ HA | Σ FA | humics | |
| Without fertilizers (control) | 0,18 | 0,22 | 0,34 | 0,60 | 4,56 |
| N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀ | 0,22 | 0,24 | 0,33 | 0,79 | 5,92 |
| SS 40 t/ha | 0,21 | 0,25 | 0,30 | 0,78 | 5,50 |
| SS 60 t/ha | 0,22 | 0,27 | 0,28 | 0,82 | 5,82 |
| SS 80 t/ha | 0,24 | 0,27 | 0,28 | 0,87 | 6,28 |
| Compost SS + sawdust (3: 1) – 60 t / ha | 0,26 | 0,25 | 0,29 | 0,79 | 5,49 |
| Compost SS + straw (3: 1) – 20 t / ha | 0,26 | 0,25 | 0,28 | 0,72 | 5,19 |
| Compost SS + straw (3: 1) – 40 t / ha | 0,21 | 0,28 | 0,26 | 0,76 | 5,45 |
| Compost SS + straw (3: 1) – 60 t / ha | 0,22 | 0,30 | 0,25 | 0,80 | 5,44 |
| Compost SS + straw (3: 1) + cement dust 10% – 40 t / ha | 0,21 | 0,23 | 0,28 | 0,79 | 5,32 |

We have traced the trend of increasing the biomass of osier depending on the content of humus in the soil and we have described the dynamics of this relationship with the regression equation and correlation coefficient using the methods of mathematical statistics programs STATISTICA 6.0 and EXCEL.

We determined the results of the functions by statistical characteristics. Indicators S² show us a scattering of the results relatively to average. According to our data, γ – coefficient of variation shows the deviation of the average value of humus by 13.6%, and in biomass – by 16.2%. As a result of the calculation parameters (Nω²)p it was possible to consider the presence or absence of the normal law. The estimated value of the criterion for humus and productivity equals as 0,82 to 1,025. The functions h and m are respectively the starting and central moments and auxiliary in determining the degree of aggregation of E. By means of the degree of aggregation we can specify the distribution result in the number line.

Coefficients of asymmetry *as* and excess *ex* are the characteristics by which we can consider the presence or absence of normal distribution law. The correlation coefficient is an indicator

of connection between critical factor for error of 0,05, so if $r > r_{cr}$ at $r_{cr} = 0,63$, then the data. Subordinate to the normal distribution law (table 2).

The regression equation (fig. 1) is indicating a direct relationship of osier productivity with humus content in the soil.

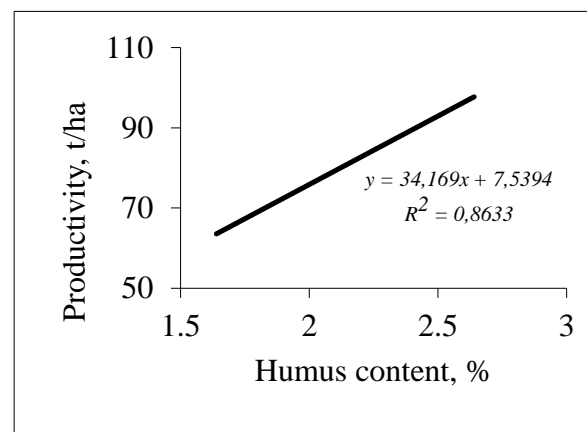


Fig. 1. Dependence of osier productivity on humus content in sod-podzolic soils

The close correlation ($R^2 = 0,86$) between humus content and productivity of osier can be described by the following equation of regression:

$$y = 34,169x + 7,5394,$$

where: *x* – humus content in the soil; *y* – osier productivity.

Table 2. Comparative mathematical analysis of the content of humus in the soil and productivity of osier

| Function | Humus, % | Productivity, t/ha | Function | Humus, % | Productivity, t/ha |
|--------------|----------|--------------------|-------------------------|----------|--------------------|
| N | 10 | 10 | h_4 | 25,45 | 58191396,25 |
| \bar{x} | 2,18 | 82,31 | m_1 | 0 | 0 |
| S^2 | 0,08 | 177,03 | m_2 | 0,13 | -474,45 |
| S | 0,29 | 13,3 | m_3 | -0,13 | 63671975,00 |
| $\gamma, \%$ | 13,60 | 0,16 | m_4 | 0,31 | - |
| E | 0,04 | 2,15 | as | 2,89 | -616,12 |
| h_1 | 2,18 | 82,31 | ex | 19,60 | -7968,19 |
| h_2 | 4,88 | 6299,17 | $(N\omega^2)_p$ | 0,82 | 1,025 |
| h_3 | 11,05 | 6807533,02 | Correlation coefficient | 0,97 | |

CONCLUSIONS

Adding sewage sludge in growing osier allows, on the one hand, to reduce the pollution of surface and ground waters, and, on the other hand – it provides a significant amount of available biomass resources that can be very useful, particularly for energy purposes.

The use of sewage sludge as fertilizer influences not only the rise of productivity of osier agrocenosis but also improves the condition of humus of soddy-podzolic soil.

Application of sewage sludge at a rate of 60 - 80 t / ha enhances the growth and development of osier and increases the overall productivity of agrocenosis. Considering the inconvenience of fresh sewage sludge application, we can recommend in such cases to apply a compost with sawdust and straw in the ratio of 3: 1, under condition of its application 60 t / ha.

REFERENCES

1. Antsiferova E.Yu. 2003. Eco-agrochemical evaluation of sewage sludge waters used as fertilizers: Essay for Doctor's Degree, Natural Sciences. – M. – 23.
2. Afanasyev R.A. 2000. Guidelines for studying the effectiveness of non-traditional organic and organo-mineral fertilizers // Agrokonsalt. – M. – 40.
3. Vorobyov R.P. 2000. Usage of sewage sludge // Agrohymycheskyy Vestnik. – № 6. – 36 – 37.
4. Dabahova E.V. 2011. Evaluation of influence of utilization of waste on the condition of the

agrosystem and rating problems // Agrohymycheskyy Vestnik. – № 2. – 6 – 8.

5. Izdebski W. 2011. Analiza mozliwoshi pozyskania biomasy lesnej na cele energetyczne na przykladzie nadlesnictwa pomorze / Waldemar Izdebski, Piotr Jadeszko // Motrol. – Lublin. – Vol. 13. – 157 – 163.

6. Karol Cupial. 2011. Instalacja zgazowujaca osuszony osad sciekowy // Motrol. – Lublin. – Vol. 13. – 80 – 93.

7. Korolenko I.D. 2004. Studying the abilities of usage of sewage sludge to obtain agronomically effective and safe fertilizers: Author. Thesis. Doctor's Degree. / I.D. Korolenko. – M. – Nemchinovka. – 20.

8. Lopushnyak V.I. Hrytsulyak G.M. 2013. Productivity of osier in different rates of sewage sludge application in sod-podzolic soils of Precarpathians. // Motrol. – Lublin-Rzeszow. – Vol. 15. – № 4. – 249 – 253.

9. Lipski R. 2011. Wykorzystanie biomasy jako energii odnawialnej w polsce na przykladzie cieplowni opalanej sloma w gminie wieniawa // Motrol. – Lublin. – T. 13. – 164 – 172.

10. Niemec W. Uwagi do zakladania i eksploatacji plantacji wierzby energetycznej (*Salix viminalis*) // Visnyk LNAU: agronomy, № 14 (2). – 188 – 193.

11. Orlov O. 2002. Enerhojemnist humusu jak kryterij humusovoho stanu gruntiv // Visnyk Lvivskogo nationalnogo universytetu. Lvivskogo nationalnogo agrarnogo universytetu: seria biologichna. – Vyp. 31. – 111–115.

12. Orlov O.L. 2008. New methods for determining the calorific value of humic

PRODUCTIVITY FORMATION MODEL OF OSIER (SALIX VIMINALIS) AGROCENOSIS

- substances / O.L. Orlov // Scientific Notes of the State Museum of Nature. – Lviv. – Vol. 24. – 233 – 238.
13. Gannell M.G.R. and Sheppard L.I., Unsworth M.H., 1987. Radiation and productivity of willow. I Appl. Ecol. 24. – 261 – 278.
- 14 Pokrovskaya S.F. 1977. Using sewage sludge in agriculture / S.F. Pokrovskaya // – M.: VNIITEISH. – 44.
15. Popova L. 1990. Effect of sewage sludge on biological activity of soil.// Questions of ecology in intensive landfarming of Volga area: Proceedings scientific Pract. conf. – Saratov: Znaniye. – 75–77.
16. Sobczyk W. 2011. Evaluation of harvest of energetic basket willow // Teka. – Lublin. – V. 11. – 343 -353.
17. Sirenko O.G. 2008. Models of distribution of plots: Statistical characteristics. Correlation and regression analyzes. Visnyk Prykarpattia. University of Stefanyk. Biology. – Ivano–Frankivsk: Gostynets; Publisher Tretiak I. – Vol. XI. – 76 – 88.
18. Rode H. 2011. The energy of cutting process of a selected energy plant // Teka. – Lublin. – V. 11. – 326 – 334.
- 19 .Zheleznaya T.A. 2008. Energy plants as an effective source of reproductive energy / T.A. Zheleznaya, A.V. Morozova. – Vol. 30. – № 3. – 60 – 67.

TECHNOLOGICAL ASPECTS THE CULTIVATION OF BIOMASS ENERGY CROPS OF SWITCHGRASS «*PANICUM VIRGATUM*» IN CONDITION OF FOREST-STEPPE OF UKRAINE

Mykhailo Humentyk

Institute of Bioenergy Crops And Sugar Beet NAAS of Ukraine, Ukraine

Summary. The article presents findings on switchgrass (*Panicum virgatum*. L.) farming, in particular pre-sowing tillage and inter-row cultivation; grounds methods of sowing; determines optimum row width and different ways of tending crops in conditions of the western part of the Forest–Steppe of Ukraine.

Key words: farming technology elements; switchgrass; sowing; inter-row cultivation; biomass; solid biofuels.

INTRODUCTION

In the past two decades, much attention is paid to alternative and renewable energy, in particular using of organic raw materials and specially grown energy crops biomass. The biomass is the most suitable raw material for solid biofuels production. Special attention should be paid to perennial cereals capable of accumulating a significant amount of biomass through photosynthesis, which takes place over a long period from early spring until late autumn. Switchgrass (*Panicum virgatum* L.) is one out of broad range of C₄ photosynthesis cereals. It is a new crop for soil–climatic zone of Ukraine. It is characterized by a high content of cellulose and lignin that gives every reason to consider it to be a promising raw material for biofuel production [1, 2].

PRESENTATION OF THE PROBLEM

Switchgrass is unpretentious to nutrients content in soil. It feature high resistance to diseases and pests and positive impact on environment [1, 2, 3, 4, 5] demand for plant raw material and the expansion of planted acres under switchgrass for biofuel production in Ukraine, there is a need to develop an efficient technology of the crop tending, such as pre-sowing soil tillage; to determine optimum stand density and inter-row space width; to define influence of these factors to yielding and productivity of agrophytocoenosis.

ANALYSIS OF RECENT RESEARCH AND PUBLICATIONS

Switchgrass (*Panicum virgatum* L.) 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 switchgrass increase gradually with 4 – 5 t/ha the first years to 8–10 t/ha the second year and up to 15-20 t/ha – the third year of cultivation [20].

The structure of switchgrass 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 switchgrass biomass, in different countries ranges from 20 to 30 euros per ton of dry matter [7, 8, 16–19].

With the increased industrial cultivation of switchgrass 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 RESEARCH TASK

To develop and substantiate the elements of switchgrass farming technology in the western part of the Forest – Steppe of Ukraine based on studying biological characteristics of the plants using different techniques of soil preparation and tending crops during cultivation.

For the purpose of the research, we determined following tasks:

- to plant switchgrass by the most efficient designs;
- to determine an optimum inter-row space width;
- to develop and substantiate the most effective methods of tending plants during cultivation, especially in the first year of vegetation.

THE MATERIALS AND RESEARCH METHODOLOGY

Research was performed by randomised split plot design in the fields of Borschiv Agrotechnical College (Ternopil region) for 2009-2013yrs. The total experimental plots area was 0,40 ha. The experiment was quadrupled. The objective was to investigate switchgrass productivity as dependent on planting design, inter-row space width, and way of tending crops.

Factor A, sowing method:

- 1) straight line sowing;
- 2) combined sowing with forming an oval profile of a row.

Factor B, inter-row space width and number of plants per meter in a row:

- 1) 0,15 m (45 pcs/m);
- 2) 0,30 m (90 pcs/m);
- 3) 0,45 m (135 pcs/m);
- 4) combined inter-row width: 4×0.35×0.45 m (90 pcs/m).

Factor C, method of tending crops:

- 1) conventional machine inter-row cultivation;
- 2) inter-row cultivation with covering weeds with a thin layer of earth and earthing up plants.

The soil of the experimental plots was light-gray podzolic with mobile phosphorus content in 0-30 cm layer of 9.5 mg / 100 g (by Chirikov), exchangeable potassium of 6 mg

/100, nitrogen of 28 mg / 100 g, soil solution reaction (pH) of 6,5. The research was carried out according to of field experiment methods [11–13].

THE RESULTS OF RESEARCH

Experiment has shown that the intensity of switchgrass seed germination as well as coming-up completeness is under influence of temperature and soil humidity. Germination is late at low temperature and soil humidity, and providing further lack of heat and water plants can die. However, the decisive factor in seed germination considered to be soil humidity decreasing rapidly in spring, especially if drought. Soil humidity reserves from melting snow in spring does not always provide the necessary conditions for plant growth.

During the years of the research weather conditions in the western Forest – Steppe of Ukraine varied. In particular, the most favourable precipitation was observed in 2010 and 2013, when it exceeded the average long-term value for May and June by half. The driest and unfavourable were 2009 and 2011 when amount of precipitation in May and June was less than the average at the time of sprouting (Tab. 1).

Analysis of soil humidity at planting shows that amount of moisture in the plough layer is constantly changing, depending on weather conditions.

We established that field germination of switchgrass depends on the terms of sowing. Good and even sprouts are necessary for their machine tending. Using new technologies of soil processing and tending plants at vegetation season makes it possible to create optimal conditions for improving their productivity [19].

Table 1. Mean temperature and precipitation for the first half of production year (°C/mm), 2009 – 2013.

| Month | Mean temperature/precipitation (°C/mm) | | | | | |
|-----------------------|----------------------------------------|--------------|-------------|-------------|--------------|----------------|
| | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | Mean value |
| January | -3,1 / 34,5 | -8 / 9,4 | -2,3 / 23,7 | -3,5 / 15 | -4,4 / 83,8 | -4,26 / 33,28 |
| February | -1,4 / 26,4 | -3,4 / 89,7 | -4 / 25,6 | -9,5 / 40,1 | -1,1 / 51,8 | -3,88 / 46,72 |
| March | 1,9 / 34,8 | 2,4 / 16,4 | 1,8 / 15,4 | 3,3 / 14 | -1,5 / 172,9 | 1,58 / 50,7 |
| April | 11,1 / 3,4 | 9,4 / 26,3 | 9 / 37,5 | 10,3 / 83 | 9,8 / 82,1 | 9,92 / 46,46 |
| May | 14,3 / 41 | 15,3 / 108,6 | 14,9 / 21,2 | 16 / 21,5 | 16,4 / 100,8 | 15,38 / 58,62 |
| June | 17,3 / 81,3 | 17,4 / 143,9 | 18,9 / 92,4 | 19,3 / 105 | 18,5 / 141,5 | 18,28 / 112,92 |
| Total over the period | 221,4 | 394,3 | 215,8 | 279,1 | 632,9 | 348,7 |

TECHNOLOGICAL ASPECTS THE CULTIVATION OF BIOMASS ENERGY CROPS OF SWITCHGRASS «PANICUM VIRGATUM» IN CONDITION OF FOREST-STEPPE OF UKRAINE

An important fact about switchgrass growing is that shoots weakly compete with weeds, which complicates soil processing in the first year of vegetation. Therefore, optimal conditions for the initial and subsequent stages of growth, especially if non-cultivated soils with low fertility, can be achieved only by a thorough approach to the soil preparation. One of the main tasks of soil preparation is to create the most favourable water, air, heat, and nutrient regimes during whole vegetation season. In addition to improving physical, chemical, and biological soil properties, pre-sowing soil processing promotes destruction of weeds, pests, and pathogens of cereal plants. Being covered with a thin layer of earth, fertilizer and plant residues promote favourable conditions for high quality planting; good and even sprouts therefore increase the efficiency of other agricultural, chemical, and biological activities that are crucial to increase the biomass yield. For cereals, the losses in green biomass productivity at the medium and high level of field infestation makes up from 30 %. Weeds reduce soil fertility through uptaking a large part of the nutrients available in the soil, suppressing and shading crops. Weediness decreases soil temperature by 2–4°C. This causes reducing in activity of soil organisms and organic matter decomposition [20].

The roots of some weeds exude phytoncides suppressing crops. This is disastrous for heat-loving crops because the process of seed germination as well as further development of crops is slowing down.

A biological feature of switchgrass is slow initial growth of aboveground part lasting 3–4 weeks until strong root system formed. This period is considered critical to switchgrass since

dicot weeds vegetate actively and compete significantly at the time.

When combined inter-row space width, the number of stalks and plant height at the end of the first year of growth was the highest over the years of experiment (Tab. 2). Levelling and compaction of soil before and after emergence is compulsory because it provides even sprouts.

In alternative experiments, we used new methods of sowing to create optimum conditions for maintaining humidity, temperature, and light regime in order to use germination vigour efficiently, to obtain even sprouts and minimise costs.

To ensure these conditions we exercised combined inter-row space width providing alternation of basic and technological inter-row space according to the width of sowing unit. A feature of this operation is that sowing is carried out according to a relevant design and is combined with compacting to create an oval row profile in order to conserve moisture and create optimum temperature and light conditions to obtain even sprouts and process inter-row space successfully.

The main purpose of sowing carried out in one go with compacting is to conserve humidity accumulated in soil during autumn – winter period.

Our research was also supposed to study the effect of the main tending techniques on reducing crops infestation and its negative effect on the yield of biomass. Pre-emergence loosening was performed at the time when switchgrass seeds had already germinated, but the sprouts had not yet reached the soil surface. Having counted the number of sprouts, we revealed that this method does not have any

Table 2. Number of stalks and height of switchgrass at the end of a vegetation year

| Inter-row space width | Years | | | | | | | | | | Mean value | |
|-------------------------|------------------|--------|------------------|--------|------------------|--------|------------------|--------|------------------|--------|------------------|--------|
| | 2009 | | 2010 | | 2011 | | 2012 | | 2013 | | | |
| | Number of stalks | Height | Number of stalks | Height | Number of stalks | Height | Number of stalks | Height | Number of stalks | Height | Number of stalks | Height |
| 0,15 m | 197 | 51 | 262 | 59 | 194 | 55 | 270 | 50 | 281 | 69 | 241 | 57 |
| 0,30 m | 244 | 73 | 265 | 60 | 256 | 74 | 265 | 66 | 272 | 72 | 260 | 69 |
| 0,45m | 210 | 56 | 216 | 82 | 234 | 69 | 235 | 80 | 245 | 95 | 228 | 76 |
| Combined 4x0,35m+0,45 m | 218 | 67 | 275 | 82 | 266 | 79 | 267 | 85 | 270 | 92 | 259 | 81 |

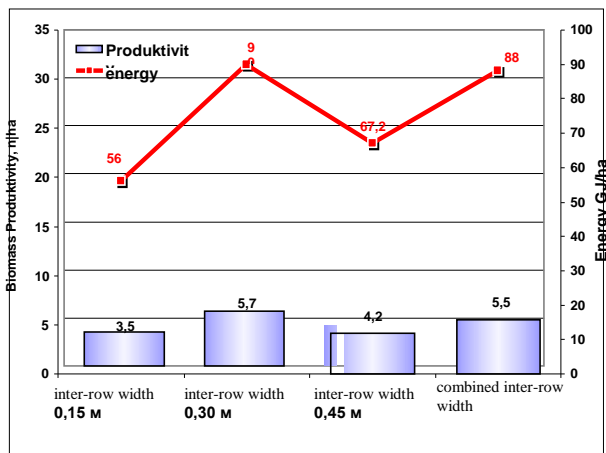


Fig. 1. Biomass productivity of switchgrass and energy output in the first year 2009–2013

significant influence on germination. Dates of pre-emergence cultivation depend on the speed of emergence and growth of weeds. In conditions of warm and enough humid spring (like in 2010 and 2013), the first inter-row cultivation was carried out when the weeds were at the stage of “white threads,” which reduced the field infestation by 60%. In conditions of cold and wet spring in 2009 and 2011, pre-emergence tillage operation had ensured a decrease in the number of weeds only by 30%.

Weeds differ significantly by the stages of their development at the time of complete emergence of switchgrass. After inter-row loosening and destruction of weed roots, some of them lag in growth and others cannot compete with strengthened switchgrass plants for 5–10 days. Spring emergence of certain groups of weeds has its own dynamics. Overwintered ephemers and dicots (for example, wild violet) and some of early spring weeds (like goosefoot) are destroyed by pre-sowing cultivation.

Pre-emergence inter-row space loosening can destroy mostly annual early and late spring weeds (like chicken millet). After the first pre-emergence processing field, infestation with weed reduces by 10–30%. Repeated loosening conducted after emergence reduces the amount of grass weeds by 60–80%, of dicots by 42–60%.

The highest yield of switchgrass dry matter and energy output in the first year of growth was marked at the width of 0,30 m (5,7 t/ha); at combined inter-row space width – 5,5 t/ha (fig. 1). It is also found that switchgrass plants develop slowly in the first 3–4 weeks. At this

time, when the temperature does not correspond to biological characteristics of the crop and period of germination extends, weeds, especially dicots, strongly suppress coming-up. For the purpose of efficient soil processing at minimal costs, concerning reducing intensive moisture evaporation, we applied special rollers with an oval profile that shaped row profile with the aid of gravity. To provide optimum soil structure it is necessary to ensure soil density of 1,2–1,3 g/cm³ at compaction pressure of 0,15–0,2 kg/cm².

Owing to inter-row space width of 0,35m, and the special technology track width of 0,45m, it becomes possible to process inter-row space in 15–20 days after sowing, before germination. At the time, seeds begin to take root and grow, while weeds appear on the ground and are easy to destroy.

We established that pre-emergence inter-row cultivation could destroy over 60% of germinated annual weeds, double cultivation - up to 80%.

To reduce the cost of weeding and loosening soil in the rows it is necessary to process soil as close to the plants as possible to minimize the protective zone. For inter-row cultivation, we used cultivator *KPHB-5,6-02* with blades and needle disks that loosen soil around the plants and destroy germinated annual weeds by 60 – 70%. For tending to be successful, cultivation should be carried out at the time of annual weeds tilling. Teeth of cultivator come close to the plants in protection zone left by blades. The average width of the protection zone after a passage of cultivator makes up 5-6cm.

CONCLUSIONS

Owing to strong root system and long-term use prospects, switchgrass is a promising and cost-effective bioenergy crop for growing on eroded and unproductive lands in most regions of Ukraine.

The greatest problem in farming switchgrass is its high sensitivity to environment i.e. humidity, soil temperature at the beginning of growth in the first year of vegetation.

Switchgrass field germination depends on dates of planting that influence good and even emergence, which is crucial in further machine tending crops.

Favourable conditions for switchgrass germination can be ensured with different

TECHNOLOGICAL ASPECTS THE CULTIVATION OF BIOMASS ENERGY CROPS OF SWITCHGRASS «PANICUM VIRGATUM» IN CONDITION OF FOREST-STEPPE OF UKRAINE

farming practices in respect to agrobiological features of the crop, in particular when planting with combined inter-row space width and forming ridges of a relevant profile.

REFERENCES

1. Kurylo V.L., Humentyk M.Y., Kaskiv V.V. 2013. Vplyv strokiv sivby ta hlybyny zahortannia nasinnia "Svichhrasu" prosa lozovydnogo na poliovu skhozhist v umovakh zakhidnoi chastyny lisostepu Ukrainy. Naukovi pratsi IBCSB NAAS of Ukraine. – Vol. 17. – Part II. – 358 – 361.
2. Humentyk M.Y., Kaskiv V.V., Mandrovska S. M. 2011. Elementu tehnologiy vuroschu-vanny "Svichhrasu" prosa lozovydnogo v umovakh lisostepu Ukrainy. Naukovi pratsi IBCSB NAAS of Ukraine. – Vol. 12. – 135 – 141.
3. Petrychenko S.M, Herasymenko O.V, Honcharuk, H.S. 2011. Perspektyvy vyroschuvannia svichhrasu iak alternatyvnogo dzherela enerhii v Ukraini. Tsukrovi buriaky. – No.3. –13 – 14.
4. Moroz O.V., Smirnykh V.M., Kurylo V.L. 2011. Svichhras iak nova fitoenerhetychna kultura, Tsukrovi buriaky. – No. 3. – 12 – 14.
5. Kulyk M.I. 2013. Vplyv umov vyroschuvannia na vrozhajnist fito masy svichhrasu druhoho roku vehetatsii. Visnyk Poltavskoi derzhavnoi akademii. –No. 2.–30–35.
6. Cherevko G. 2006. Alternativna energetykyka agropromyslovogo kompleksu Ukrainu / G. Cherevko, T. Kohana, I. Magiyovich // Motrol.– Motoryzacja i energetykyka rolnictva. – Lublin, Tom 8A. – 106 – 116.
7. Jech J. 2008. Suszenie ziarna energiã uzyskanã ze spalania biomasy / J. Jech, S. Sosnowski, J. Meszaros // Motrol. – Motoryzacja i energetykyka rolnictva. – Lublin. – Tom 10. – 60 – 66.
8. Niedziolka I. 2006. Analiza energetyczna wybranych rodzajow biomasy pochodzenia roslinnego / I. Niedziolka, A. Zuchniarz // Motrol. – Motoryzacja i energetykyka rolnictva. – Lublin. – Tom 8A. – 232 – 237.
9. Kuharez S. 2013. Obespecheniy razionalnogo ispolzovaniya suriy dly polucheniya biotopliva v agropromuchlenom komplekse / S. Kuharez, G. Golub, S. Dragnev // Motrol.–Motoryzacja i energetykyka rolnictva.–Lublin.–Tom 15.– 69– 75.
10. Dosphehov B. D. 1973. Metoduka polevogo oputa: [uchebn. Dly stud. agronom. spez s.-h.vuzov] / B.D. Dosphehov – 3–e izd. – M.: Kolos, – 336.
11. Osnovu nauchnuh isledovaniy v agronomiy / [V.F. Moiseychenko, M.F. Trifonov, A.H. Zaveruha, V.E. Echenko.]. – M.: Kolos, 1996. – 336.
12. Ermatraut E.R. 2007. Statustuchnyy analiz agronomichnuh doslidnuh danuh v pakety Statistica-6 / E.R. Ermatraut, O.I. Prusyzhnyuk, I.L. Sevchenko // Metoduchni vkazivku. – Kuiv.– 55.
13. Drozdovskiy Y.P. 1999. Pruroda Borchivskogo rayonu / Drozdovskiy Yosup Petrovuch. – Ternopil: Dczhura. – 104.
14. Dosphehov B.A. 1985. Metodyka polevoho dela [Methods of field experiment].– M.: Ahropromizdat.
15. Kaletnik G.M. 2008. Rozvitok rinku biopaliv v Ukrainy: monografiya–K.: Agrar. Nauka,– 464.
16. Novitny tehnologii bioconversii: Monografiya [Y.B. Bium, G.G Geletuha, I.P. Grigoruktain]. – K.: Agrar Media Group, 2010. – 326.
17. Wolf, D.D. and D.A. Fiske. 1995. Forages. Planting and managing switchgrass for forage, wildlife, and conservation. Virginia Cooperative Extension. – 418.
18. Vogel, K.P., R.A. Masters, L.E. Moser, D.J. Lee, D.Buxton, K.J. Moore, D.T. Walters and K. Arumugunathan. 1997. Genetic variation among switchgrass for agronomic traits, forage quality, and biomass fuel production. Annual report. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN.
19. Comis D. 2006. Switching to switchgrass makes sense in agricultural research, available at: www.ars.usda.gov/is/AR/archive/jul06/grass0706.pdf. alternative energy crop in Europe. Initiation of a productivity network, ATO–DLO, Wageningen.
20. Elbersen W. 1998. Switchgrass foe biomass: bibliography and management practices, draft document FAIR 5–CT97–3701: Switchgrass as an alternative energy crop in Europe. Initiation of a productivity network. ATO–DLO, Wageningen. – 22.

ENERGY RATING OF PRODUCTION TECHNOLOGIES OF FERMENTED FERTILIZERS

Vasyl Lopushnyak, Vasyl Tomyuk, Natalya Zasyekin
Lviv National Agrarian University, Ukraine

Summary. Here we present the results of studies which estimate technologies of energy production of fermented fertilizers. Structure of energy consumption and energy intensity of various fermented fertilizers production technologies is posted. Expediency of energy saving technology of fermented fertilizers production is being justified.

Key words. Fermented fertilizer, production technology, energy efficiency, energy intensity, energy capacity.

STATEMENT OF THE PROBLEM

Promising and relatively new direction of solving the problem of environmentally friendly fertilization of crops is the use of fermented organic fertilizers [10]. The advantage of such fertilizers is that their preparation lasts a short period of time, which greatly reduces the loss of nutrients, especially nitrogen [9], and promotes the use of microbiological activity of soil [10]. Moreover, the technology of preparation of fermented fertilizers ensures complete destruction of pathogenic organisms and weed seeds [9]. Fermentation allows processing organic waste and involving them in a small biological cycle of chemical elements in the form of chemical compounds with high degree of imbibition of the crops' root systems [20].

Involvement of local raw materials (manure, chicken manure, peat, phosphorite, sapropel, dehydrated sewage sludge of communal services and industrial enterprises) in our case, dewatered sewage sludge of yeast production, is a promising area of research to create new types of fertilizers [18].

Nowadays, there are several different techniques of fermented fertilizers production. Well-known technology of biofermentation includes several stages [7]. Accumulation of granular materials – peat (sapropel) and liquid - chicken manure or other organic material for further their mixing in a drum mixer and transportation in piles where actually the fermentation happens during 2 – 3 months.

During the fermentation temperature is monitored and if necessary the raw materials are mixed. The final stage of the fermented fertilizer production is clearing it from impurities, enriching it with macro- and micronutrients and granulation. A large number of technological operations and transportation makes the production of fermented fertilizers energy-consuming.

Optimization the production process of fermented fertilizer is reducing the number of operations or merging several into one [17].

Energy-saving technology of making a fermented fertilizer includes clearing of peat from impurities and its subsequent transportation to screw mixer, then chicken manure and wastes from production of yeast (dehydrated sludge) in certain proportions are added and then this all is mixed and compacted. The increase in pressure facilitates the pressing of raw materials through the granulator. Granular mixture is packed in bags and sealed. Packaged mixture is subjected to fermentation for 6 – 14 days.

According to the technology of fermented fertilizer described above, we have developed a process line. Composite components for the manufacture of fermented organic fertilizer are dehydrated sewage sludge yeast production, peat and chicken manure (component ratio 1: 2,5: 0,5).

Made this way fermented fertilizer celebrated neutral reaction medium (pH 7.1), which, subject to application, provides some ameliorative effect, especially in very acid soils. Fermented fertilizer containing nitrogen 2,5% phosphorus – potassium and 2,8 – 0,67%, and total carbon almost 38% in terms of dry matter [17]. These agrochemical characteristics positively affect the level of mineral nutrition of crops. The technological line manufacturing fermented fertilizer can be used in small agricultural enterprises and farms, which will significantly increase the efficiency of agricultural production and improve the ecological state of the environment.

Consequently optimization of the manufacturing process reduces fertilizer production operations and consequently reduces energy costs. It should also be noted that the energy efficiency of each technology has not been researched yet.

STATEMENT OF OBJECTIVE

To make a comparative analysis of energy efficiency of different production technologies fermented fertilizers.

THE MAIN STUFF

Energy evaluation of production lines manufacturing fermented fertilizers was carried out under the normative document KD.46.16.02.02-93 [13] in order to determine the energy costs.

Energy rating is based on determining the energy efficiency coefficient R , which is described by the ratio of the total costs of the technological process to the baseline level of total expenditures:

$$R = \frac{E_{t.e.s.}}{E_{b.t.}}, \quad (1)$$

where: $E_{t.e.s.}$ – the total cost of energy saving technology of fermented fertilizer, MJ/t; $E_{b.t.}$ – baseline total cost of manufacturing fertilizer by the known technology, MJ/t.

Total energy expenditures at the entering the system equal:

$$E = \sum_i E_i, \quad (2)$$

where: E_i – energy costs for certain production operations of fermented fertilizers.

The total costs of a fertilizer manufacturing process in MJ / h are:

$$E_t = E_d + \frac{E_h + E_{eq} + E_{pr}}{Q}, \quad (3)$$

where: E_d – direct costs of energy in used fuel, MJ / t; E_h – human labor energy, MJ / h; E_{eq} – equipment energy intensity, MJ / h; E_{pr} – energy intensity of industrial premises, MJ / h; Q – machine productivity, kg / h.

Direct costs of energy of the used fuel are defined as follows:

$$E_d = P_e \cdot C_e \quad (4)$$

where: P_e – electricity consumption, kW · h / kg (fuel consumption, kg / h); C_e – Conversion factor of 1 kW h per 1 MJ, $C_e = 3,6$ (the energy equivalent of diesel fuel $C_e = 42,7$ MJ / kg) [2].

Electricity power consumption is:

$$P_e = \frac{N}{Q}, \quad (5)$$

where: N – the power consumption of the drive, kW.

Energy costs of human labor are:

$$E_h = np \cdot al, \quad (6)$$

where: np – the number of attendants, people; al – the energy equivalent of the cost of living labor, $al = 0.9$ MJ / h [2].

Energy intensity, per 1 hour of work of equipment is determined by the formula:

$$E_{eq} = \frac{T_{eq}}{T_a}, \quad (7)$$

where: T_{eq} – the total power consumption of equipment, MJ; T_a – annual boot line, h.

$$T_{eq} = \alpha_{eq} \cdot M, \quad (8)$$

where: α_{eq} – the energy equivalent of equipment $\alpha_{eq} = 104$ MJ / t [2]; M – mass of equipment, t.

$$T_a = \frac{S}{Q} \cdot nd, \quad (9)$$

where: S – the daily amount of work, kg; nd – the number of days of the year, days.

Energy intensity of production premises is:

$$E_{pr} = \frac{\alpha_{pr} \cdot F}{100 \cdot T_a}, \quad (10)$$

where: α_{pr} – the energy equivalent of premises $\alpha_{pr} = 5025$ MJ / m² [2]; F – area occupied by equipment, m².

Reducing the energy intensity of the operation of manufacturing fermented fertilizers compared to the baseline option as a percentage is determined by the formula:

$$I = (1 - R) \cdot 100\%. \quad (11)$$

According to the described methodology we calculate the total energy consumption per each operation of known technology and energy efficient technologies for production of fermented fertilizers. The results of calculations of energy efficiency are shown in table 1.

ENERGY RATING OF PRODUCTION TECHNOLOGIES OF FERMENTED FERTILIZERS

Table 1. Results of calculation of the energy rating of using energy saving technology of fermented fertilizers

| The components of energy consumption | Energy costs | Energy intensity | Coefficient of energy efficiency |
|------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------------|----------------------------------|
| Production of fermented fertilizer by known technology, MJ / t, incl.: | 976 | 1600 | 0,61 |
| Loading manure, MJ / t (New Holland L218) | 96 | – | – |
| Loading peat, MJ / t (New Holland L218) | 96 | – | – |
| Mixing, MJ / t (Drum mixer) | 230 | – | – |
| Loading of the trailers, MJ/t (Belt) | 45 | – | – |
| Transportation, MJ/tkm (MTZ-100+2-PTS-4) | 150 | – | – |
| Remixing, MJ / t (Pezolato) | 120 | – | – |
| Clearing, MJ/t (Vibration cleaning machine) | 84 | – | – |
| Transportation, MJ/t (Belt) | 45 | – | – |
| Granulation, MJ / t 110 (Granulator) | 110 | – | – |
| Production of fermented fertilizers by energy saving technology, MJ/t incl.: | 694 | 1600 | 0,43 |
| Clearing peat, MJ/t (Vibration cleaning machine) | 84 | – | – |
| Transportation of peat, MJ/t (Belt) | 45 | – | – |
| Transportation of poultry manure, MJ/t (Belt) | 45 | – | – |
| Transportation of sludge, MJ/t (Belt) | 40 | – | – |
| Mixing, MJ/t (Belt) | 360 | – | – |
| Packing of mixture MJ/t (packing Machine) | 120 | – | – |

The results of calculations of energy rating (table. 1) demonstrate the feasibility of using screw mixer in the production of fermented fertilizers by energy saving technology. Substantial reductions in energy costs for fertilizer production process are carried out by optimization of operations, clearing only peat, which can contain mechanical impurities and reduce transport operations.

Thus, the total cost of the technological process of fermented fertilizers production

lessens to 28.8% than the accepted basic version.

In Fig. 1 and 2 respectively, we represent the total costs of energy of preparatory operations for known and energy saving production technologies of fermented fertilizers. As we see the greatest energy costs are attributable to mixing operations 233 MJ/t. for the known technology, and 360 MJ/t. for energy saving technology of fermented fertilizers.

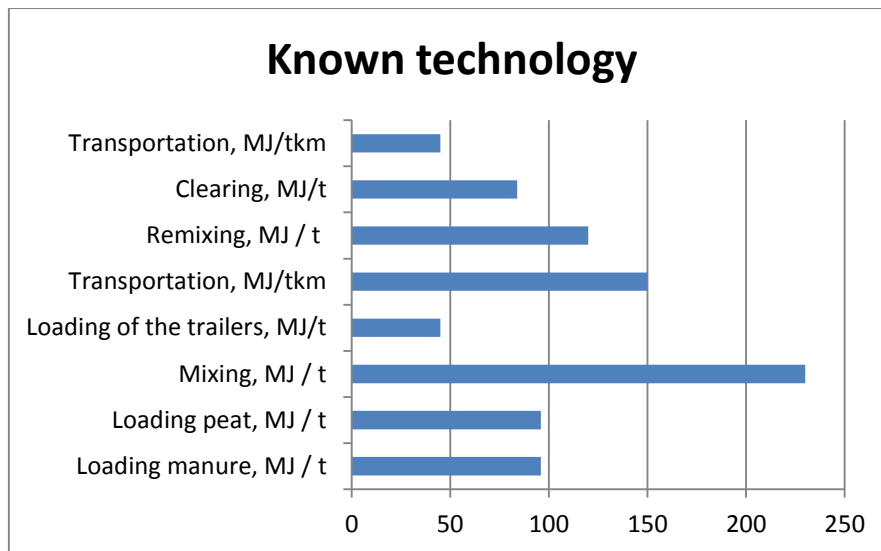


Fig. 1. Total energy consumption for preparatory operations for the known technology of fermented fertilizers

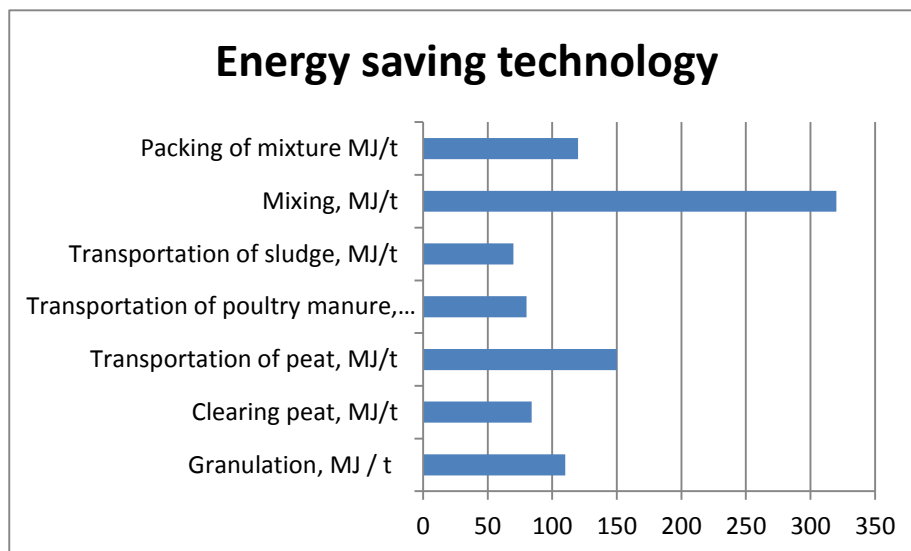


Fig. 2. Total energy consumption for preparatory operations for energy saving technology of fermented fertilizers

CONCLUSIONS

Analyzing the results, we can conclude the following, thanks to the energy saving technology of fermented fertilizer production compared to the baseline option total costs are reduced by 22%.

The combination of preparatory operations reduces transport operations and consequently reduce total energy costs per unit of production.

REFERENCES

1. Bioenergy assessment of agricultural production (Scientific and methodological support) / [Yu.O. Tarariko, O. Nesmashna,

O.M. Berdnikov, L.D. Glushchenko, G.I. Lychuk and others]. – K. – Agrarna nauka, 2005. – 200 p.

2. Boyarchuck V. Chuchman V. 2012. Evaluation of energy efficiency technologies using rape straw for energy purposes. MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. –Vol.14. – №. 4. – 11 – 15.

3. Boyarchuck V. Ftoma O., Boyarchuck O. 2012. Economic and energy efficiency of winter rape. Winter wheat, corn, sugar beets, and biofuels based on them. Agrarna ekonomika. – T5. –№ 1 – 2. – 102 – 110.

4. Brazhevskya G.M. Economic and energy assessment of manufacturing processes in crop

ENERGY RATING OF PRODUCTION TECHNOLOGIES OF FERMENTED FERTILIZERS

- // Access: http://eapk.org.ua/sites/default/files/eapk_files/2011/2011_01/11_01_11.pdf.
5. Vitvitsky V. 2009. Methodological aspects of energy analysis of mechanized processes in crop / V.V. Vitvitsky, A. Poleschuk // productivity of agro-industrial production (economic sciences). – № 11. – 73 – 79.
 6. Geletukha G.G. Energy and environmental analysis of energy production from biomass // G.G. Geletukha, T.A. Zhelyezna, A.I. Drozdova / Access: <http://www.uabio.org/img/files/docs/position-paper-uabio-8-ua.pdf>.
 7. Hnydyuk V.S. 2009. Production of organic fertilizer. Bioproferm by biological fermentation of organic waste from livestock farms and poultry / V.S. Hnydyuk, J.P. Miller // Agroecology magazine. – June (Spec. Issue). – 103 – 105.
 8. The National Energy Policy in the Ukrainian and European context. Ermilov S.F. / Access: http://www.ief.org.ua/Arjiv_EP/Ermilov207.pdf
 9. Dydkovskaya T.P. 2010. Technology of production of paste-shaped humic fertilizer of sapropel / T.P. Dydkovskaya, I.M. Merlenko, V.A. Havryliuk [et al.] // Ahrohymychesky Journal. – №1. – 25 – 26.
 10. Drahovoz I.V. 1998. Wastes of ethanol production as a source of phytohormones: report of the National Academy of Sciences of Ukraine. – №3. – 170 – 174.
 11. Medvedovskaya O.K., Ivanenko M.R. 1988. Energy analysis of intensive technologies in agriculture. – K.: Urozhaj. – 208.
 12. Energy Strategy of Ukraine till 2030 [electronic resource]: Internet – site of the Ministry of Fuel and Energy of Ukraine: <http://www.mpe.kmu.gov.ua/fuel/doccatalog/document?id=50295>.
 13. KD 46.16.02.02 – 93. Power estimation of agricultural technique. – K.: 1993.
 14. Methodological aspects of energy analysis mechanized processes in crop growing / V. Vitvitsky, A. Poleshuk // Access http://www.nbu.gov.ua/portal/soc_gum/Pav/2008_2009/11-13.pdf.
 15. Lopushnyak V.I. 2012. Bioenergy rating of fertilization -in wheat rotation in Western steppes of Ukraine. MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – Vol.14. – No.4. – 150 – 154.
 16. Lopushnyak V.I. 2012. Prolonged effect of fertilizers on a new generation of agricultural crops / V.I. Lopushnyak, N.P. Zasyekin // Bulletin of Sumy National Agrarian University: agronomy and biology. – Vol. 9 (24). – 60–62.
 17. Lopushnyak V.I. 2014. Energy-saving technology of fermented fertilizers production / V.I. Lopushnyak, V.V. Tom'yuk, N.P. Zasyekin // Engineering and Technology APC. – № 4 (55) – 19 – 21.
 18. Guidance and advice on biotechnological methods of processing and the use of organic waste from cities: Research and Production Edition / For Society. eds. Melnychuk D.A. Gorodnyy M.M. – K: Alefa, 2003. – 111.
 19. Simon Y. 2006. Energy efficiency of pneumatichydraulic batteries in fruit harvesting hydrodrives machines. MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – Vol. 8A. – 251 – 257.
 20. Shevchuk M.J. 2007. New types of fertilizers based on local raw materials / M.I. Shevchuk, A. Hawryluk, I. Merlenko // Bulletin of Lviv National Agrarian University: agronomy. – № 11. – 466 – 469.
 21. Dobek T., Dobek M., Šařec O. 2010. Ocena efektywności ekonomicznej i energetycznej produkcji pszenicy ozimej i rzepaku ozimego wykorzystanych do produkcji biopaliw. Inżynieria Rolnicza. Nr 1 (119).

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕЖИМОВ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА ГРЕЧИХИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КРУПЫ

Игор Флыс, Марян Макар

Львовский национальный аграрный университет, Украина

Yghor Flys, Marjan Makar

Lviv National Agrarian University, Lviv, Ukraine

Аннотация. В статье изложены результаты экспериментальных исследований эффективности режима гидротермической обработки (ГТО) зерна гречихи в процессе изготовления крупы, проведенных по разработанной методике при помощи сконструированной и изготовленной лабораторной установки.

В процессе исследований экспериментальным путем устанавливали общий выход крупяных продуктов после шелушения зерна гречихи и сортировки полученной смеси, в зависимости от режима гидротермической обработки.

В результате проведенных экспериментов над зерном гречихи сортов «Анталія», «Оранта», «Крупинка» и «Украинка» установлено, что оптимальная продолжительность гидротермической обработки сырья равна 9...10 мин. при давлении водяного пара в аппарате ГТО $P=2,0$ МПа. Применение обоснованного оптимального режима гидротермической обработки зерна гречихи позволяет повысить общий выход гречневой крупы, в среднем, на 4,1...5,1% по сравнению с существующей технологией.

Ключевые слова: зерно гречихи, гидротермическая обработка зерна, шелушение зерна, общий выход крупнопродуктов.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В мукомольном и крупяном производстве важным средством улучшения технологических свойств зерна в процессе его подготовки к измельчению или шелушению является гидротермическая обработка (ГТО). Суть ее в одновременном воздействии на зерно воды, водяного пара и теплоты для целенаправленного изменения технологических свойств его оболочек и ядра.

В процессе получения круп целью ГТО сырья является повышение прочности и эластичности ядра, и снижение этих показателей у оболочек, а также улучшение потребительского качества крупы, при сохранении значений показателей ее биологической и потребительской ценности.

В процессе изготовления крупы при шелушении зерна после ГТО его оболочки легче разрушаются, ядро меньше крошится, что ведет к увеличению выхода целой крупы (ядрицы), и, таким образом, к повышению эффективности технологического процесса и улучшению качества готовой продукции.

От параметров режима ГТО зерна в процессах изготовления круп в значительной степени зависит структура крупяных продуктов, точнее, удельный вес целой крупы, а также общий выход крупяных продуктов. Поэтому обоснование оптимальных параметров режима ГТО зерна разных сортов в технологических процессах изготовления круп является важной инженерной задачей, требующей экспериментальных исследований.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Описанию технологических процессов изготовления круп, технологий их получения, а также раскрытию устройства и принципа действия технологического оборудования посвящены многие исследования, которые широко представлены в научной и учебной литературе [1 – 6].

Большое число научных работ содержат результаты исследований и анализ эффективности технологических процессов пищевых производств, а также работы оборудования [7 – 10].

Новые способы шелушения зерна и технологическое оборудование для

выполнения этой операции раскрыты в запатентованных разработках [11 – 15].

В патентах [16, 17] изложены новые способы гидротермической обработки зерна в процессах получения круп. Влияние влаги на процессы брикетирования и резания сельско – хозяйственных растений исследовались многими учеными, например [18, 19].

В работе [20] исследовано влияние относительной влажности на геометрические параметры зерна пшеницы и ржи. Однако влияние параметров режима ГТО зерна гречихи разных сортов на общий выход крупы и крупяных продуктов, по нашему убеждению, нуждаются в дополнительном научном исследовании.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В статье была поставлена инженерная задача – исследовать влияние режима гидротермической обработки зерна гречихи на общий выход крупы и крупяных продуктов. По существующей технологии получения гречневой крупы, которая применяется на поточно – технологической линии (ПТЛ) кафедры машиностроения Львовского НАУ, общий выход крупяных продуктов, согласно данных завода-изготовителя указанной ПТЛ, составляет 65%. Рекомендованная продолжительность ГТО зерна в аппарате этой ПТЛ – 7...8 мин. Давление водяного пара в аппарате ГТО при обработке зерна гречихи перед шелушением составляет 2...3 МПа [4, 5].

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Нами предложена конструкция и изготовлена лабораторная установка для исследования режимов ГТО зерна гречихи перед шелушением (рис. 1).

Установка работает следующим образом. Откручивают крышку 6 и внутрь цилиндра 1 заливают 2 л питьевой воды. Закручивают крышку 6 и включают электронагревательный элемент 9. При открытом кране 3 контролируют температуру внутри цилиндра с помощью термометра 2. После начала парообразования (97...98 °С), не выключая электронагреватель от

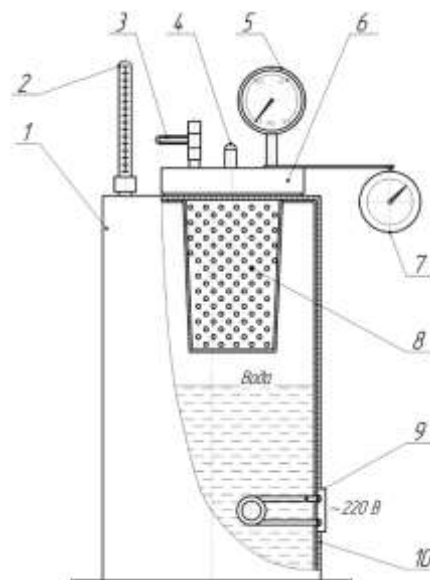


Рис. 1. Схема лабораторной установки для исследования режима гидротермической обработки зерна:

1 – стальной цилиндр; 2 – термометр; 3 – кран для выпуска пара; 4 – предохранительный клапан; 5 – манометр; 6 – крышка; 7 – секундомер; 8 – корзина для зерна; 9 – электронагревательный элемент; 10 – теплоизоляция цилиндра

Fig. 1. The laboratory facility structural scheme for research of the grain's hydro – thermal treatment regimes

электросети напряжением в 220 В, снова откручивают крышку 6, вынимают корзину для зерна 8. В нее засыпают 350 г зерна гречихи и вставляют внутрь цилиндра. После этого крышку 6 герметично закручивают ключом и закрывают кран 3. Давление пара внутри цилиндра контролируют по манометру 5, а регулируют в необходимых пределах с помощью крана 3, который исполняет роль ручного дросселя. Температуру внутри цилиндра фиксируют с помощью термометра 2, а продолжительность ГТО зерна измеряют с помощью секундомера 7. При помощи описанной выше лабораторной установки (рис. 1) мы провели ГТО зерна продолжительностью 5, 7, 10, 14 и 19 мин. Сразу после ГТО зерна осуществляли его шелушение на вальцедековом станке БРИГ-10, а зерно до и после ГТО, а также крупяные продукты после шелушения и сортировки взвешивали на электронной ваге Zelmer.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕЖИМОВ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА ГРЕЧИХИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КРУПЫ

Таким образом, нами проведены экспериментальные исследования влияния параметров режима гидротермической зерна гречихи сортов «Анталия», «Оранта», «Крупинка» и «Украинка» на эффективность процесса шелушения. Режимы гидротермической обработки зерна гречихи показаны в табл. 1.

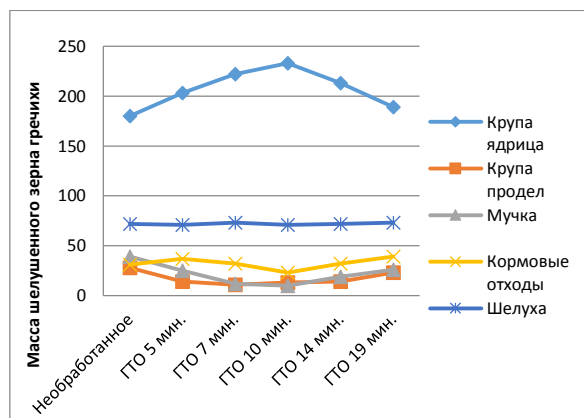


Рис. 2. Зависимость выхода крупяных продуктов после шелушения зерна гречихи сорта гречихи «Анталия» от режима ГТО при P=0,2 МПа

Fig. 2. The total buckwheat products output after shelling buckwheat grains variety «Antalya» depend on hydro-thermal treatment regime at P = 0,2 МПа

Показателем эффективности процесса ГТО зерна гречихи приняли общий выход крупяных продуктов после шелушения зерна после ГТО. Результаты экспериментального исследования влияния режимов ГТО на выход крупяных продуктов из зерна гречихи разных сортов представлены на рис. 2 – 5.

Из графиков, что на рис. 2, можем сделать вывод о том, что для зерна гречихи сорта гречихи «Анталия» оптимальная продолжительность ГТО равна 10 мин. при

давлении P=0,2 МПа. При таком режиме ГТО выход крупяных продуктов составил 70,1%, а именно: крупы – ядрицы – 233 г и крупы – продела – 13 г.

Проанализируем выход крупы из сорта гречихи «Оранта» после ГТО на разных режимах (рис. 3).

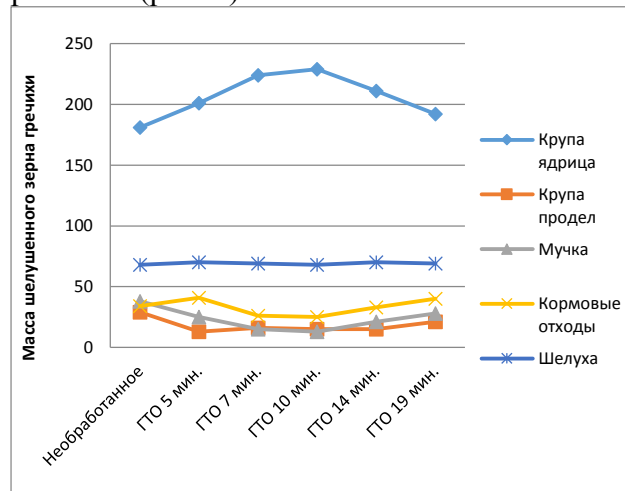


Рис. 3. Зависимость выхода крупяных продуктов после шелушения зерна гречихи сорта гречихи «Оранта» от режима ГТО при P=0,2 МПа

Fig. 3. The total buckwheat products output after shelling buckwheat grains variety «Oranta» depend on hydro-thermal treatment regime at P = 0,2 МПа

Как видно из представленных на рис. 3 графических зависимостей, при давлении P=0,2 МПа оптимальная продолжительность ГТО для сорта гречихи «Оранта» также равна 10 мин., поскольку из 350 г сырья получено: 229 г ядрицы и 15 г крупы-продела, что составляет 69,7% общего выхода крупяных продуктов.

Таблица 1. Режимы гидротермической обработки зерна гречихи

| Вариант опыта | Давление пара, МПа | Продолжительность ГТО, мин. | Масса зерна до ГТО, г | Масса зерна после ГТО, г | | | |
|---------------|--------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------------|--------|----------|----------|
| | | | | Анталия | Оранта | Крупинка | Украинка |
| I | 2,0 | 5 | 350 | 361 | 360 | 362 | 361 |
| II | 2,0 | 7 | 350 | 368 | 367 | 369 | 368 |
| III | 2,0 | 10 | 350 | 380 | 379 | 377 | 379 |
| IV | 2,0 | 14 | 350 | 381 | 384 | 386 | 385 |
| V | 2,0 | 19 | 350 | 384 | 389 | 391 | 390 |

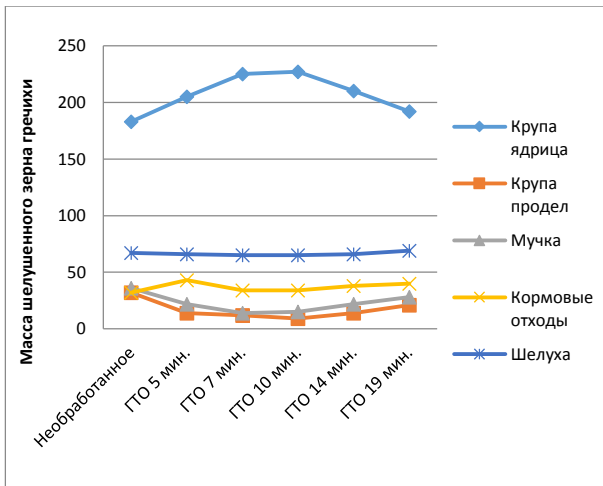


Рис. 4. Зависимость выхода крупяных продуктов после шелушения зерна гречихи сорта гречихи «Крупинка» от режимов ГТО при $P = 0,2$ МПа

Fig. 4. The total buckwheat products output after shelling buckwheat grains variety «Krupynka» depend on hydro-thermal treatment regime at $P = 0,2$ МПа

Из представленных графических зависимостей делаем вывод о том, что при давлении $P=0,2$ МПа оптимальная продолжительность ГТО для зерна гречихи сорта гречихи «Крупинка» находится в пределах 9 – 10 мин., о чем свидетельствует выход крупы-ядрицы в 227 г и крупы-продела 16 г (из 350 г зерна), что составляет 69,4% общего выхода крупяных продуктов.

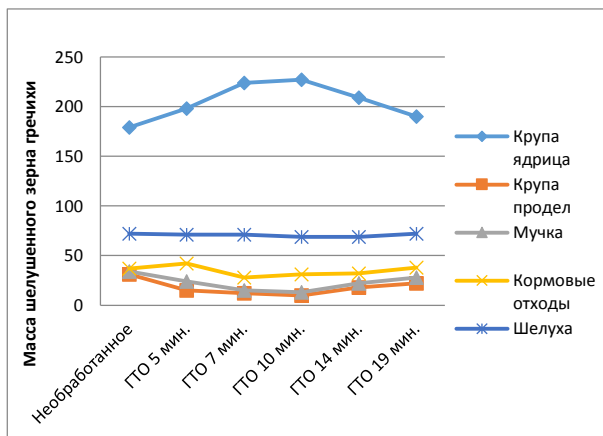


Рис. 5. Зависимость выхода крупяных продуктов после шелушения зерна гречихи сорта гречихи «Украинка» от режимов ГТО при $P = 0,2$ МПа

Fig. 5. The total buckwheat products output after shelling buckwheat grains variety «Ukrainka» depend on hydro-thermal treatment regime at $P = 0,2$ МПа

Представленные на рис. 5 графики свидетельствуют о том, что лучший режим ГТО для шелушения зерна гречихи сорта гречихи «Украинка» также равен 10 мин. при давлении $P=0,2$ МПа. Вывод сделан на основании массы полученной ядрицы в 229 г, и 15 г крупы-продела из 350 г зерна-сырья, что составляет 69,1% общего выхода крупяных продуктов.

ВЫВОДЫ

Нами проведены экспериментальные исследования влияния параметров режима ГТО зерна гречихи сортов: «Анталія», «Оранта», «Крупинка» и «Украинка» на общий выход крупяных продуктов. В результате установлено, что оптимальная продолжительность ГТО для исследуемых сортов зерна гречихи равна 9...10 мин. при давлении водяного пара в аппарате ГТО равном $P=2,0$ МПа.

Оптимизация режима ГТО позволяет повысить общий выход гречневой крупы, в среднем, на 4,1...5,1% по сравнению с существующей технологией.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ilchenko V.I. 1938. Krupjanye mashiny : uchebnoe posobie. / V.I. Ilchenko, P.K. Kuznetsov. – M.: Zagotizdat. – 277.
2. Melnikov E. M. 1991. Tehnologija krupjanogo proizvodstva: uchebnoe posobie. / E.M. Melnikov. – M.: Agropromizdat. – 207.
3. Butkovskiy V.A. 1999. Tehnologija zernopererabatyvaushchih proizvodstv. / V.A. Butkovskiy, A.I. Merko, E. M. Melnikov. – M. : Integraf servis. – 472.
4. Tarasov V.P. 2002. Tehnologicheskoe oborudovanie zernopererabatyvaushchih predpriyatij : uchebnoe posobie. / V.P. Tarasov. – Barnaul. – 229.
5. Dacyshyn O.V. 2008. Tehnologichne obladnannja zernopererobnyh ta olijnyh vyrobnyctv: navchalnyj posibnyk / za red. O.V. Dacyshyna – Vinnytcja: Nova Knyga, – 488.
6. Esin S.B. 2011. Metodicheskie ukazaniya k laboratornym robotam po kursu «Tehnologija

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕЖИМОВ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА ГРЕЧИХИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КРУПЫ

- krupy» / S.B. Esin // *Alt. gos. tek. Un-t im. I.I. Polzunova.* – Barnaul: Izd-vo AltGTU. – 69.
7. Rybaruk V.Ya. 1998. *Silskogospodarski mashyny : Praktykum z rozrahunku i doslidzennja robochyh procesiv.* /V.Ya. Rybaruk, I. I. Ripka. – Lviv: LDAU. – 264.
8. Melnyk S.R. 2004. *Metody doslidzennja produktiv harchovyh vyrobnytctv: metodychni vkazivky ta instrukcija do laboratornogo praktykumu.* / S.R. Melnyk, Ju.R. Melnyk, G.Ya. Magorivska. – Lviv: Nacionaknyy universytet «Lvivska politehnika». – 39.
9. Kowalczyk J. 2010. *Analiza jakosci pracy luszczarki do bobu LB-2* / Kowalczyk J., Figiel T // *Motrol. Motorization and power industry in agriculture.* – Vol. 12. – Lublin. – 88 – 93.
10. Tyshchenko L. 2012. *Vibroseparirovanie ploskim reshetom neodnorodnogo sloja zerna* / *Motrol. Commission of motorization and energetics in agriculture // an International Journal of operation of farm and agri-food industry machinery.* – Vol. 14. – No 4. – Lublin, – 21 – 27.
11. A. c. 2028181 Rossiyskaja Federacija, MKI B 02 B 3/00. *Sposob shelushenija zerna i ustrojstvo dlja ego osushchestvlenija* / *E. A. Maje.* - №5015618/13; zajavl. 06.12.91; opubl. 09.02.95.
12. Pat. 53279 Ukraina, MIIK A 23 L 1/182. *Universalnyy luschylnyy postav* / Yeremenok I.V. – №99116371; zajavl. 23.11.1999; opubl. 15.05.2003, Byul. №5, 2003 p.
13. A. c. 2033259 Rossiyskaja Federacija. MKI B 02 B 3/00 *Kruporushalnyy stanok* / D.P. Drjagin. I.N. Jaremenko, A.I. Berestok i dr. – №4927770/13; zajavl.15.04.91; opubl. 20.04.95, Bjul. № 11.
14. Pat. 37276 Ukraina. *Prystrij dkja luschennja zerna* / *Datcyshyn O.V., Tkachuk A.I., Sremenok I.V.*; zajavl. 16.12.97; opubl. 15.05.2001. Bjul. № 4, 2001 p.
15. Pat. 1710 Ukraina. *Sposib pidgotovky zerna krupjanyh kultur do pererobky v krupu* / *Kaminskij V.D.* 1994 p.
16. Pat. 2388539 Rossiyskaja Federacija. MIIK B 02 B 1/08. *Sposob gidrotermicheskoj obrabotki zerna grechihi i proparivatek dlja gidrotermicheskoj obrabotki zerna grechihi* / *Marjin V. A.*; patentoobladatel: *Marjin V.A.* – №2008136279/13; zajavl. 08.09.2008; opubl. 10.05.2010 Bjul. № 13.
17. Pat. 2484901 Rossiyskaja Federacija. MIIK B 02 B 1/08. *Sposob gidrotermicheskoj obrabotki zerna grechihi* / *Karejev S.V.*; patentoobladatel: *FGBOU VPO Gosuniversitet – UNPK – №2011140640/13*; zajavl. 06.10.2011; opubl. 20.06.2013, Bjul. №13.
18. Kowalczyk–Jusko A. and other. 2011. *The influence of moisture content of selected energy crops on the briquetting process parameters* / A. Kowalczyk–Jusko, R. Kulig, J. Laskowski // *TEKA / Polish academy of sciences // Commission Motorization and power industry in agriculture.* – Vol. XI. – Lublin. – 189 – 196.
19. Rode H. 2011. *Moisture influence on the unitary energy of cutting process of selected plants* / H. Rode, P. Witkowski // *TEKA / Polish academy of sciences // Commission Motorization and power industry in agriculture.* – Vol. XI. – Lublin.– 317 – 325.
20. Sokolovskyy O. ta in. 2012. *Vplyv vidnosnoji vologosti na geometrychni parametry nasynyn pshenyци ta zhyta* / *Sokolovskyy O., Kuzminskyy R., Sheremeta R.* // *Motrol. Commission of motorization and energetics in agriculture / an International Journal of operation of farm and agri-food industry machinery.* – Vol. 14. – No 4. – Lublin. – 64 – 69.

EFFICIENCY OF REGIME OF HYDROTHERMAL TREATMENT OF BUCKWHEAT GRAIN AT THE PRODUCTION OF BUCKWHEAT

Summary. This paper presents the results of experimental research of efficiency regime hydro-thermal treatment (HTT) of buckwheat grains during the manufacturing process, conducted according to the developed method and using designed and constructed laboratory facility.

During research experimentally was determined total buckwheat products output after shelling buckwheat grains and sorting the resulting mixture, depending on the mode of hydro – thermal treatment.

As a result of experiments on buckwheat grains varieties «Antalya», «Oranta», «Krupynka» and «Ukrainka» have been determined that optimal duration of hydro-

thermal treatment of raw materials is 9...10 min. by the pressure of water vapor in the apparatus of HTT is $P = 2,0$ MPa.

The use reasonable optimum mode hydro-thermal processing buckwheat grains allows to increase total buckwheat products output, on

average, 4,1...5,1% compared with the existing technology.

Key words: buckwheat grains, hydro-thermal treatment, shelling grains, total buckwheat products output.

ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПУНКТА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Руслан Барабаш, Микола Михалюк, Василь Шолудько, Ярослав Шолудько

Львовский национальный аграрный университет, Украина

Ruslan Barabash, Mykola Mykhaljuk, Vasyl Sholudko, Jaroslav Sholudko

Lviv National Agrarian University, Ukraine

Аннотация. В статье приведены модели рационального размещения и функционирования пункта технического обслуживания. Предложенные модели дают возможность исследовать оптимизацию размещения предприятий агросервиса которая должна быть направлена на снижение непроизводительных потерь средств и времени клиентов (транспортировка сельскохозяйственной техники и ожидание в очереди), тем самым, заинтересовывая их и повышая уровень спроса на услуги обслуживающего предприятия.

Ключевые слова: рациональное размещение, пункт, техническое обслуживание, техника, сервис.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В соответствии с современной концепцией развития технического сервиса в агропромышленном комплексе, предусматривающей формирование системы предприятий-исполнителей услуг технического сервиса, исправность и работоспособность машин в продолжение всего их срока службы обеспечивают дилеры (ПТО). На основе национальной системы дилеров, предполагается реконструировать и усовершенствовать эффективность системы обеспечения сельского хозяйства машинами и оборудованием, запасными частями и другими материально-техническими ресурсами, а также эффективность обслуживания машин и оборудования в гарантийный и послегарантийный периоды эксплуатации.

Отечественный и зарубежный опыт работы дилерских предприятий доказывает, что дилер, занимающийся сервисом сельскохозяйственной техники должен находиться ближе к товаропроизводителю.

При этом достигается оперативное устранение отказов в гарантийный и послегарантийный периоды эксплуатации, в нормативно допустимые сроки простоя машин. Эффективность работы дилерского предприятия при этом сводится к обеспечению бесперебойного выполнения сельскохозяйственных технологий сельскими товаропроизводителями путем качественного их технического обслуживания и ремонта техники в межсезонный период через совокупность обслуживающих структур - систему сервисного обслуживания.

Несмотря на возрастающее число дилерских пунктов, функционирующих в регионах, исследования по эффективности технического обслуживания ими сельскохозяйственной техники в зависимости от формы построения системы сервисного обслуживания на региональном уровне проводились недостаточно.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Фундаментальный вклад в разработку научно-методических основ организации фирменного технического сервиса машин внесен работами, В.И. Черноиванова, В.М. Михлина, Л.М. Пильщикова, В.В. Варнакова, В.В. Стрельцова, В.Н. Попова, В.Ф. Карпенкова и других ученых.

В области обоснования рациональной системы использования техники в сельскохозяйственном производстве значительный вклад внесен работами Н.В. Краснощекова,

Л.С. Орсика, Е.Л. Ревякина, А.А. Артюшина, В.Д. Попова, Ю.Л. Морозова, В.Н. Афанасьева, Э.И. Липковича, В. А. Семейкина, В.В. Нигородова, И.Г. Голубева,

А.И. Деревкова, Э.В. Жалнина и многих других исследователей.

В условиях роста энерговооруженности и повышения качества сельскохозяйственной техники усиливается роль инженерной службы официальных дилеров, направленной на улучшение использования и хранения техники, а также проведения технического обслуживания и ремонта техники при экономном расходовании топливосмазочных материалов. В этой области проведены исследования Р.Ш. Хабатовым, С.А. Иофиновым, Г.П. Лышко, Т.П. Евсюковым, М.М. Фирсовым, В.Д. Игнатовым, А.Е. Малинниковым и рядом других ученых и исследователей.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

К настоящему времени наукой и практикой выработан ряд методов, решения задачи определения мест расположения разно-уровневых предприятий инфраструктуры сервисного обслуживания.

Метод полного перебора. Задача выбора оптимального расположения дилерского пункта обслуживания решается полным перебором и оценкой всех возможных вариантов их размещения и выполняется на ЭВМ методами математического программирования.

Эвристические методы применяются, когда реализуемые предприятием услуги или продукция доставляются транспортом. При использовании таких методов анализируется транспортная сеть внутри зоны потенциального сбыта продукции и услуг регионального, районного, областного и др. предприятия и отбраковываются с точки зрения специалиста (лица принимающего решение) варианты. Таким образом, проблема выбора упрощается до разумного числа альтернатив, которые необходимо оценить ЭВМ.

Метод весового (или локационного) треугольника В. Лаунхардта, приемлем для решения задач оптимального размещения снабженческих, складских, производственных структур предприятия. Данный метод имеет механическую и геометрическую интерпретацию. Первая,

применима в случае, когда соотношение расстояний между вершинами соответствует свойству треугольника (одна сторона меньше двух других). В противном случае точка минимума транспортных затрат будет совпадать с одной из вершин локационного треугольника. Механическое решение рассматриваемой задачи основывается на аналогии с методом нахождения точки равновесия сил, когда искомая точка является местом равновесия трех связанных нитей, проходящих через вершины локационного треугольника.

Система сервисного обслуживания дилерских предприятий в настоящее время строится на базе ремонтно-технических предприятий, структура которых была разработана еще в годы плановой экономики. Использование структурных связей, мощностей, мест расположения ремонтных предприятий, накладывает отпечаток на формирование и функционирование системы сервисного обслуживания дилерского предприятия.

Система функционирования ремонтного предприятия в некоторой мере схожа с системой сервисного обслуживания ДП. Главное отличие состоит в том, что в функции дилера не входит восстановление деталей и ремонт сложных узлов, как показывает практика, ремонт поставляемой техники осуществляется на базе готовых узлов и деталей путем их замены.

Располагая известными зависимостями от программы ремонтного предприятия всех составляющих суммарных затрат на ремонт какого-либо объекта, сравнительно несложно составить и решить с помощью электронно-вычислительной машины задачу по определению оптимальной программы обслуживающего предприятия. По материалам исследователей в этой сфере, именно оптимальная программа определяет размещение и функционирование ремонтно-обслуживающего предприятия [3–7].

Аналогичным образом, могут быть поставлены и решены с помощью ЭВМ и другие задачи по развитию и размещению ремонтной базы сельского хозяйства: научное обоснование отпускных цен на отремонтированные объекты, оптимальных программ существующих предприятий в

ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПУНКТА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

зависимости от плотности размещения обслуживаемого парка машин. По результатам ряда исследователей найденное значение оптимальной программы обслуживающего предприятия позволяет определить оптимальное расстояние перевозок ремонтируемых и обслуживаемых объектов, что способствует уточнению требуемого числа ремонтно-обслуживающих предприятий в рассматриваемом регионе [1, 4, 8, 12]. Аналогичным образом, оптимальная зона обслуживания ДП, характеризуемая некоторым радиусом, способствует уточнению требуемого числа и мест расположения ПТО дилера.

При составлении технико-экономической модели функционирования и размещения дилерского предприятия, в первую очередь необходимо выбрать критерий оптимальности размещения как такой измеритель, который в лучшей степени характеризует эффективность изучаемого процесса. При выборе критерия оптимального плана размещения предприятий необходимо исходить из того, что он должен представлять собой компромисс между максимально возможной прибылью предприятий и затратами общественно-необходимого труда. Под этим определением, при построении системы сервисного обслуживания ДП надо понимать затраты времени клиентов в ожидании обслуживания и стоимость транспортировки неисправной или требующей технического обслуживания машины до исполнителя работ.

В целом, анализ составляющих моделей функционирования обслуживающих предприятий показывает, приемлемость алгоритма их построения для поиска оптимальной программы ДП по техническому обслуживанию, а следовательно и оптимальной зоны обслуживания. Новая модель потребует включения в нее составляющих, исходя из функциональных обязанностей дилера и его связей с другими предприятиями агросервиса (поставщики запчастей, ремонтные заводы, и т.п.).

Модель должна удовлетворять следующему условию: требуется организовать систему технического обслуживания и ремонта объектов, таким образом, чтобы возможно полно удовлетворить спрос на указанные услуги в данном регионе и обеспечит оптимум выбранного критерия.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Пусть имеется регион, разделенный на R областей – районов дислокации объектов обслуживания ($r = 1, R$). Пусть имеется π возможных проектов создания обслуживающих предприятий с планом их размещения в пунктах p ($p = 1, \pi$).

В соответствии с проектом для каждого предприятия известна удельная прибыль при выполнении заявки на обслуживание конкретной модели сельскохозяйственной техники.

Предполагается далее, что на каждый из пунктов p из любого r -го района может поступить на обслуживание любая i -я модель машины ($i=1, m$) с заявкой на выполнение любой j -й услуги ($j=1, n$).

Уточняем при этом, если рассматривается дилерское предприятие занимающееся обслуживанием нескольких марок сельскохозяйственной техники, модель машины действительно может быть любой. В случае, когда в регионе работает узкоспециализированный дилер, то модель машины соответствует его специализации.

Формальная запись такой модели получит следующий вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i,j,\pi}^{n,m,\pi} x_{ijpr} \geq \sum_{i,j}^{n,m} B_{ijr}, r = \overline{1, R} \\ \sum_{i,j,r}^{n,m,R} x_{ijpr} \leq \sum_{i,j}^{n,m} M_{ijr}, p = \overline{1, \pi} \\ x_{ijpr} \geq 0, i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}; p = \overline{1, \pi}; r = \overline{1, R} \\ \sum_{i,p}^{m,\pi} \left(\sum_{j,r}^{n,R} m_{ijpr} \times x_{ijpr} - \sum_{j,r}^{n,R} t_{ijpr} \times x_{ijpr} - \sum_{j,r}^{n,R} t_{ijpr}^o \times x_{ijpr} \right) \rightarrow \max \end{array} \right. \quad (1)$$

В данном выражении использованы следующие обозначения:

x_{ijpr} – количество машин i -й модели, требующих j -й услуги и пребывающих на p -е предприятие из r -го района;

m_{ijpr} – прибыль, получаемая при выполнении j -й услуги для i -й модели машины на p -м предприятии r -го района;

t_{ijpr} – транспортные расходы владельца i -й модели автомобиля при перемещении машины из района r на предприятие p для выполнения услуг;

t_{ijpr}^o – затраты владельца i -й модели машины, дислоцированной в r -м районе, на ожидание (отвлечение от работы) выполнения операции на p -м предприятии (выражена в стоимостном выражении из расчета стоимости одного часа простоя машины);

V_{ijr} – потребность в j -й услуге i -й модели машины, размещенной в r -м районе;

M_{ijr} – мощность p -го предприятия по оказанию j -й услуги для i -й модели машины.

Первое неравенство модели (1) учитывает прогнозируемый спрос и отражает требование удовлетворенности ожидаемой суммарной потребности в комплексе необходимых услуг всех владельцев машин в r -м регионе. Второе неравенство является ограничением на мощности p -го предприятия по выполнению j -й услуги для i -й модели машин. Третье неравенство отражает условия на не отрицательность искомым переменных.

Критерий оптимальности обеспечивает согласование интересов всех участников процесса обслуживания сельскохозяйственной техники:

- предприятий, стремящихся максимизировать прибыль;
- клиентов, минимизирующих затраты времени обслуживания и стоимости транспортирования неисправной или нуждающейся в обслуживании машины.

В результате обеспечивается более равномерное распределение сети обслуживающих предприятий.

Задача относится к классу стандартных (линейно-программируемых) ЛП-задач и может быть решена симплекс-методом. Окончательный план размещения сети сервисных предприятий может быть получен на основе вариантного подхода, при котором рассматривается некоторое

допустимое множество проектов размещения предприятий с различными мощностями, а затем рассчитывается оптимальная загрузка этих предприятий и значение критерия оптимальности. Может варьироваться также и численность размещаемых предприятий.

На заключительной стадии с помощью эксперта или лица, принимающего решения (ЛПР), осуществляется выбор размещения сети предприятий на основе показателей равномерности их загрузки с использованием критерия оптимальности [8–11].

Особенность данной задачи состоит в том, что довольно часто новые сервисные предприятия встраиваются в сеть уже имеющихся ремонтно-обслуживающих структур. В этом случае задача (1) должна быть модифицирована следующим образом. Часть уже имеющихся мощностей готовых предприятий фиксируется и является неизменной частью всего допустимого множества проектов размещения сети обслуживающих предприятий официального дилера в процессе вариантных расчетов. Еще более сложные ситуации возникают в случае решения о ликвидации действующих, но слабо загруженных предприятий. В этом случае в системе ограничений задачи требуется учесть затраты на ликвидацию предприятий, которые, с одной стороны, не должны превышать выделенных на эти цели средств, а с другой – влекут уменьшение интегрального критерия оптимальности.

Заметим, что при решении задачи может возникнуть ситуация несовместности системы ограничений: например, проектируемые мощности предприятия заведомо не смогут удовлетворить высокую потребность в сервисном обслуживании машин в послегарантийный период, в этом случае возможны два выхода:

1. поиск дополнительных возможностей увеличения мощностей путем дополнительного финансирования;

2. зафиксировать некоторый уровень удовлетворения потребностей в сервисном обслуживании. После соответствующей корректировки условий задачи, касающейся правых частей ограничений, процедура решения задачи может быть повторена.

ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПУНКТА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Таким образом, на основе пошаговых итераций может быть найдено оптимальное решение. В методическом плане данную задачу (учитывая выше описанные ее особенности) целесообразно реализовать в диалоговом режиме ЛП – ЭВМ с включением в этот режим различных вспомогательных программ, обеспечивающих поддержку решений (например, на основе двойственного анализа) и облегчающих для ЛП поиск оптимального решения (рис. 1). Принципы организации таких диалоговых систем рассмотрены подробно в работе Н.Е. Егоровой, посвященной вопросам согласования плановых решений с использованием имитационных систем [10]. Заметим, что существуют и другие варианты оптимальных моделей, используемых в задачах размещения такого рода объектов. Наиболее распространенный из них – описание множества возможных вариантов размещения объектов с использованием нулевых переменных, то есть таких искомым величин, которые принимают значение 0 или 1 в зависимости от того, вошло ли данное предприятие в оптимальный план (значение 1) или нет (значение 0). Однако такие модели

относятся к классу целочисленных, их решение осуществляется специальными методами и требует особых исследований.

Преимущество рассмотренной модели состоит в следующем:

- в простоте ее численной реализации;
- гибкости формирования исходного множества вариантов благодаря участию в этом процессе ЛП.

Имея географическую карту рассматриваемого региона, ЛП может в ходе анализа вариантов учитывать при размещении предприятия многие трудно формализуемые социальные и экологические факторы, внося при этом необходимые коррективы в исходное множество возможных проектов.

Решением задачи (1), являются численные значения переменных, характеризующих прогнозируемое качество работы дилерского предприятия в сфере обслуживания реализованных им машин. К числу основных таких характеристик можно отнести следующие:

x_{ijpr} – оптимальное решение задачи (1);



Рис. 1. Схема модели, использования оптимальной загрузки сервисной сети дилерского предприятия для выбора варианта ее размещения

Fig. 1. Model chart, uses of the optimal loading of service network of dealer enterprise for the choice of variant of her placing

m_{ip} – удельная прибыль, получаемая при выполнении j -й услуги для i -й машины на p -м предприятии;

t_n – время транспортировки (движения) машины на предприятие и обратно или время движения передвижной автомастерской к объекту обслуживания;

$t_{ож}$ – время ожидания клиентом услуг в очереди на обслуживание;

$T_{ОБС}$ – общее время обслуживания клиента (объекта);

τ – затраты хозяйства на транспортировку машины.

А также дополнительные: транспортные расходы автомастерской; часовая стоимость простоя i -й марки машины; количество ЦТС дилера, вошедших в оптимальный план размещения; площадь рассматриваемого региона; средняя прибыль регионального дилерского предприятия.

Общее время обслуживания клиента в рассматриваемом регионе обусловлено условием минимальности времени простоя техники под обслуживанием. При этом среднее время обслуживания объекта на предприятии составляет величину:

$$T_{ОБС}^{CP} = \frac{\sum_{n=1}^Q T_{ОБС}}{Q}. \quad (2)$$

Среди приведенных выше показателей работы дилерского предприятия, среднее время обслуживания – непосредственно влияет на качество обслуживания тем самым, воздействуя на спрос в послегарантийный период эксплуатации МТП. Можно полагать, что изменение качества обслуживания, выраженного в оперативности проведения работ по техобслуживанию и устранению неисправностей, зависит от изменения среднего времени обслуживания клиента, т.е. времени нахождения машины в обслуживании [13–15].

Отличительной особенностью, рассматриваемой модели, (1) является известный спрос на сервисные услуги V_{ijr} для r -го района дислокации машин, дифференцированный по видам услуг и типу сельскохозяйственной техники.

Эта величина прогнозируется на основе данных об имеющемся парке машин и

распределении их по региону, если идет речь о послегарантийном обслуживании.

В случае же гарантийного обслуживания учитывается еще и возможность приобретения техники сельскими товаропроизводителями в соответствии с платежеспособным спросом.

И в том и в другом случаях, необходимо учитывать фактор размещения. Предприятие должно быть расположено таким образом, чтобы обеспечить удовлетворение спроса на услуги технического обслуживания реализованных машин в гарантийный период с минимальными затратами времени и средств. В то же время место дислокации обслуживающего предприятия должно учитывать такой фактор, как предпочтение потребителя при выборе сервисного предприятия. Реальные процессы такого выбора не предполагают наличие жестких территориальных границ, поэтому для клиента из одного района дислокации может оказаться предпочтительным пункт обслуживания дилерского предприятия, находящегося в другом, соседнем районе.

ВЫВОДЫ

Важнейшим компонентом, влияющим на месторасположение предприятия сферы услуг технического сервиса, является спрос на оказываемые услуги, обоснование которого может быть осуществлено также на основе иерархической системы моделей.

Рассмотренные модели позволяют сделать вывод о том, что оптимизация размещения предприятий агросервиса должна быть направлена на снижение непроизводительных потерь средств и времени клиентов (транспортировка сельскохозяйственной техники и ожидание в очереди), тем самым, заинтересовывая их и повышая уровень спроса на услуги обслуживающего предприятия.

Эффективный технический сервис возможен за счет оперативного и качественного обслуживания квалифицированными специалистами, территориально доступного и технически оснащенного сервисного предприятия.

ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПУНКТА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бабусенко С.М. 1990. Проектирование ремонтно-обслуживающих предприятий. – М.: Агропромиздат. – 352.
2. Бабусенко С.М. 1981. Проектирование ремонтных предприятий. – М.: Колос. – 295.
3. Кузьмин В.Н. 1995. Совместное использование техники. – М. – 43.
4. Левитский И.С. 1963. Методика обоснования рациональной структуры ремонтных предприятий в сельском хозяйстве. – М., Доклады. – 15.
5. Левитский И.С. 1969. Организация ремонта и проектирование сельскохозяйственных ремонтных предприятий. Изд. 2-е, испр. и доп. – М.: Колос. – 320.
6. Ленский А.В. 1989. Специализированное техническое обслуживание МТИ. – М.: Росагропромиздат. – 236.
7. Рассказов М.Я. 1979. Теоретические основы организации и расчета ремонтного производства в сельском хозяйстве: Автореф. дис. докт. техн. наук. – М.: Ленингр. СХИ.
8. Управление автосервисом: Учебное пособие для вузов / Под общ. ред. д.т.н., проф. Л. Б. Миротина. – М.: Экзамен, 2004. – 320.
9. Бершицкий Ю.И., Горячев Ю.О. 1999. Оптимизация состава МТП с использованием целочисленного линейного программирования // Механизация и электрификация сельского хоз-ва. – №1. – 23–26.
10. Егорова П.Е. 1987. Вопросы согласования плановых решений с использованием имитационных систем. – М.: Наука.
11. Кузнецов А.С, Белов Н.В. 1995. Малое предприятие автосервиса: организация,

оснащение, эксплуатация. – М.: Машиностроение. – 304.

12. Михлин В.М., Заборин Н.В., Савин И.Г. 1997. Концепция определения количества и размещения МТС по субъектам Федерации // Машинно- технологическая станция. – Вып. 3. – 17 – 21.

13. Розенберг В.Я., Прохоров Л.И. 1965. Что такое теория массового обслуживания. – М.: Сов. Радио.

14. Руководство по техническому диагностированию при техническом обслуживании и ремонте тракторов и сельскохозяйственных машин. – М.: ФГНУ «Росинформагротех»; 2001. – 252.

15. Руководство по техническому диагностированию при техническом обслуживании и ремонте тракторов и с.-х. машин / А.Э. Северный, Д.С. Буклагин, В.М. Михлин и др. под руководством В.И. Черноиванова. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2001. – 250.

GROUND OF RATIONAL PLACING AND FUNCTIONING OF POINT OF TECHNICAL SERVICE

Summary. To the article the models of the rational placing and functioning of point of technical service are driven. Offer models give an opportunity to investigate optimization of placing of enterprises of agricultural service that must be sent to the decline of non-productive losses of facilities and time of clients (transporting of agricultural technique and expectation is in a turn), the same, awaking interest them and promoting the value of service on services of attendant enterprise.

Key words: rational placing, point, technical service, technique, service.

THE LOCAL HYBRID POWER SYSTEM

Wojcicka-Migasiuk Dorota¹, Chochowski Andrzej², Syrotyuk Serhiy³

1 Lublin University of Technology, Poland

2 University of Life Sciences, Poland

3 Lviv National Agrarian University, Ukraine

Summary. The work reveals results of elaboration and operation of hybrid systems of power supply of objects using renewable source of energy, which are installed in Warsaw University of Life Science (Warsaw, Poland) and LNAU (Dublyany, Ukraine). The author presents structure of the proposed hybrid systems, interconnection of structural elements and systems of monitoring.

Key words: hybrid system, renewable power engineering, energy supply, monitoring system.

INTRODUCTION

The reduction of traditional energy carrier sources and the tendency to raise the energetic effectiveness make people to search for more and more sophisticated techniques of cooperation between traditional energy sources and unconventional ones. The systems of hybrid supply have been composed recently. They incorporate energy sources of different character. Electric energy is aided by solar PV panels or wind turbines. Solar thermal collectors (flat plate and vacuum tubular) are used to prepare hot water and, e.g. shallow geothermal systems, for some other purposes. The combination of different renewable energy sources is not only the constructional composition of such elements as: solar collectors, PV panels, wind turbines, a heat pump and ground collectors but also the incorporation of a composed control system to enable the cooperation of these elements. The software component, i.e. a convenient control algorithm, is also of special importance.

The control of a renewable hybrid supply system requires the composition and construction of a measuring – monitoring system on a real time basis to enable monitoring either the possibility to gain the energy or to convert it, or also current demand.

This paper describes a hybrid supply of a hotel hot water system. This system has been in operation since 1998 yr and makes a local smart-grid incorporating devices supplied with electric energy, solar energy, geothermal energy and gasoil. The system operation is monitored and fully controlled by PLC S7-300 (Siemens) controllers in master/slave mode of operation, according to the introduced algorithms.

The system serves for the purposes to provide the needs for hot water system (SDHW) in a hotel and an auxiliary building. This system consists of several independent segments: flat-plate collectors, vacuum – tubular collectors, a compressor type heat pump with the bottom source in the form of a ground heat exchanger and a thermal accumulation tank of 2 m³. This system is presented in Fig. 1 and cooperates with a gasoil boiler room and traditional electric water heaters which provide with thermal energy in the case when renewable energy supply is insufficient.

The segment of flat plate collectors (also presented in fig. 2) consists of 20 panels of total absorber surface of 40 m² placed on a construction on the ground, south oriented. Its load is in the form of main hot water accumulation tank of 1 m³ and the auxiliary one of 2 m³ that is used as the energy accumulator for the heat pump. Because of the use of glycol solution as medium in the solar system component the hot water tanks must be separated from the solar components by means of flat plate heat exchangers.

The sub-system of vacuum tubular collectors with heat-pipe elements consists of 60 tubes of total absorber surface of 6 m². These collectors are mounted on the roof of the auxiliary building, with the tilt angle of 40⁰ and south – west orientation (see fig. 2). This segment load is in the form of a two-coil 300 dm³ tank connected in series with the main HW tank.

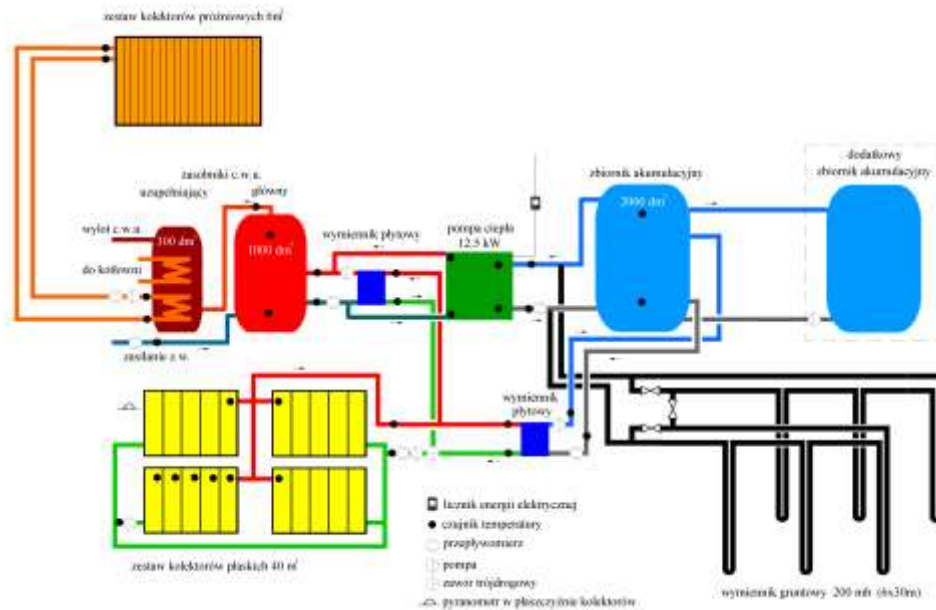


Fig. 1. The hybrid system diagram composed of the following elements: vacuum–tubular collectors 6 m²; 300 dm³ water accumulation with two coils, main water accumulation tank of 1000 dm³, main flat plate heat exchanger, heat pump of 12.5 kW, accumulation tank of 2000 dm³, additional auxiliary heat accumulation tank, flat plate solar collectors 40 m², flat plate heat exchanger, ground heat vertical exchanger 200 m long, additional symbols mean: electric power measurements, temperature sensor, flow meter, circulation pump, three-way valve, pyranometer on the plane of collectors



Fig. 2. The solar segments in the hybrid system

The stochastic character of solar radiation is the reason for high variation of thermal energy production intensity in collectors. This variation concerns either particular daytime hours or particular days and seasons. The compressor heat pump of nominal power 12,5 kW in cooperation with a vertical ground collector and

its accumulation tank stabilize the supply of hot water.

The vertical ground collector is made of polyethylene tubes of 40 mm diameter, placed as double pipeline in 6 boreholes each 30 m deep. The total length is 360 m in the form of two parallel 180 m branches. The heat pump provides the temperature of hot water at the

THE LOCAL HYBRID POWER SYSTEM

level of 50 C deg. There are some exemptions of intensive demand when a long time load exceeds the heat pump heating power. The reserve source (in the case of failure too) is a gasoil boiler which can be connected in the auxiliary tank loop. In practice, this happens only in winter season.

DISCUSSION

The described hybrid system supply has an extended measuring system. The monitoring consists in the constant registration of sensor indications in all nodes where the transformation, transport and the exchange of energy occurs and this makes possible to create the data basis.

These bases collect the knowledge of the state and the waveform of phenomena occurring within the system and form the foundation to perform the short term prognoses. They can be used also to work out energetic efficiency diagnostic methods.

Initially, temperature in 40 measuring spots was measured by LM135 and LM335 sensors. Their advantages were low cost, linear characteristic, simple calibration and time constant not exceeding 1 minute. Their important disadvantage, however, was the fact that at high temperatures and simultaneous low load, they were damaged. That is why in 2010 yr., when the system was modernized, they were substituted with Pt-1000 sensors of a bit longer time constant but of high durability.

Medium flow measurements were then performed by means of water flow meters equipped with pulse triggers (1 pulse per 2.5 dm³). There were 7 such meters providing medium flux monitoring in all system segments and in heat exchangers. It followed from the research the sampling unit was insufficient at some detail analyses. That is why in both solar loops the flow meters have been substituted with higher precision ones, i.e.: 1 pulse per 1.5 dm³.

Solar radiation intensity has been measured by means of two pyranometers for the measurements in both planes of collectors, i.e.: one for the flat plate collector plane and one for the roof mounted collectors. These pyranometers are of IInd ISO class and their precision is sufficient for these exploitation

measurements. The energy consumption of this hybrid system results from the need of power supply for the compressor type heat pump. Typical energy meter has been used to measure power used by the compressor electric motor (60 pulses per 1 Wh).

Initially, the control system consisted of 3 autonomous controllers that controlled separately the following segments: the flat plate collectors, the vacuum tubular collectors and the heat pump. That system enabled full remote monitoring through Internet of all current operation parameters but remote activation of regulator setups that were implemented in controllers was impossible those days. The circulation pumps in medium loops were not adjusted then to stimulate the flow. In 2011, the modernization of a measurement system and the control system of the whole was carried out. Then, the circulation pumps of changeable flows and controlled electromagnetic valves were installed to change hydraulic switch-over. At present, the superior controller – master controls the whole system. It receives the information directly from slave controllers and indirectly from measuring sensors, on current state of external inputs (e.g.: solar radiation, ambient temperature) and of current demand for hot water (fig. 3). It also performs the analysis of the data and works out relevant valve settings (operation modes: flat plate collectors – accumulation tank; heat pump – accumulation tank; medium flow inside collectors, etc.). The method of task performance is determined by the algorithm uploaded to the controller memory. The algorithm can be changed remotely (through Internet) or control parameter values can be changed.

The previously exploited control system had several disadvantages and limitations, as the following: no possibility to extend thermal flux control, impossible modification of control algorithm, no possibility to change control settings remotely, no real time clock, impossible communication among controllers of particular system segments.

These limitations made impossible to maximize energy gain. The main problem was too low efficiency of particular segments and in the result - the whole efficiency of the system.

The newly modernized system has now SCADA (WinCC) software for the purposes of

visualization and data storage, which is implemented at Windows on a PC computer.

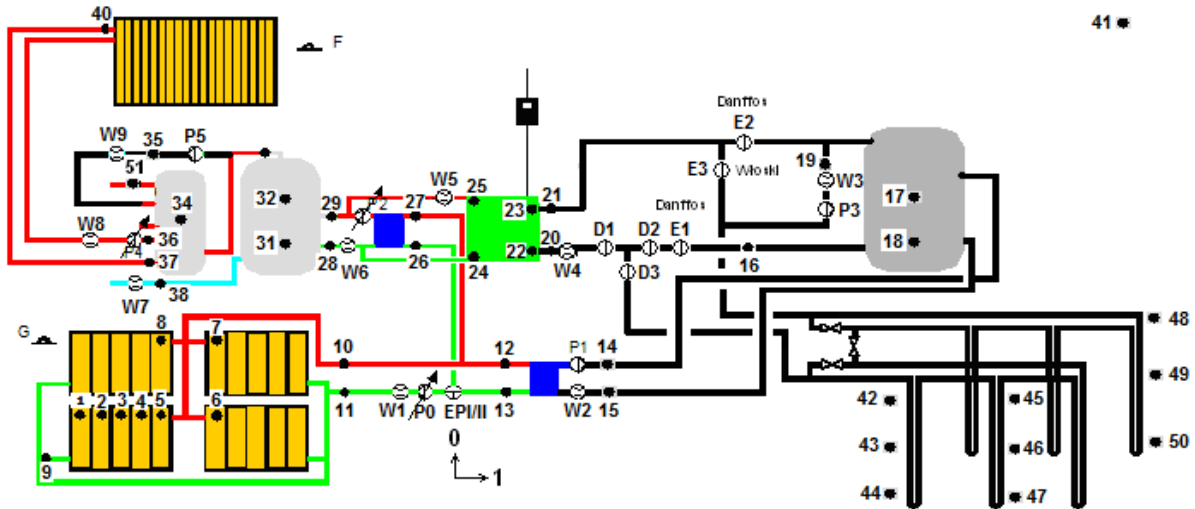


Fig. 3. The principles of the modernized hybrid system control in schematic layout; D – hand operated valves, E – electric valves EP – three way valve, P – circulation pumps

The card CP5611 with the protocol Profibus connects the controller. Besides the visualization, the technical features of WinCC make possible to read out the state of operation of particular devices and change settings of circulation pumps. Moreover, the remote monitoring through any Internet browser. Figure 4 presents the main screen of this system.

It is necessary to perform dynamic identification of all component devices to work out correct algorithms of system operation. This research has been carried out during the exploitation of such elements as: flat plate collectors, vacuum tubular collectors, heat exchangers, ground collector, accumulation tanks and the heat pump on the data basis.

Dynamic properties have been determined by means of parametric identification methods. The appropriate model has been selected and then used to determine transmittance and pulse characteristics. The selection of results and the methods were presented by the authors in some references [1–5].

The dynamic properties of some elements (e.g. collectors) are dependent not only on construction parameters but also on operation parameters. The example can be a set of collectors for which heat transfer resistance conditions their dynamics. They are strongly dependent on stochastic inputs, first of all on solar radiation.

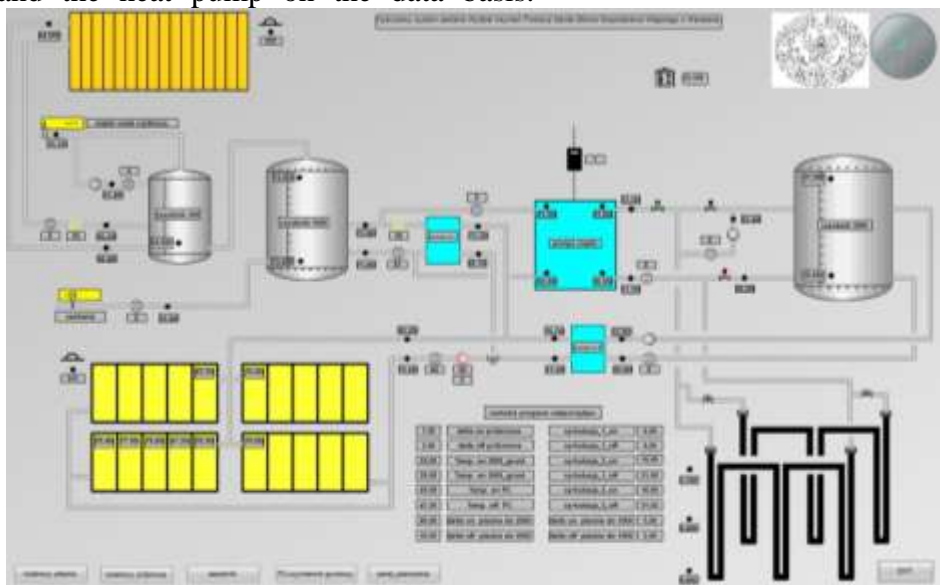


Fig. 4. The main SCADA screen for the described system

THE LOCAL HYBRID POWER SYSTEM

The determined dynamic properties let us use MATLAB Simulink all the way through the determination of all parameters and also of their character [6, 7]. One can carry out analyses of the system operation at different exploitation conditions when a hybrid system is modeled by means of dynamic blocks that reflect the cooperating elements.

The results of simulations make possible to work out a convenient control algorithm providing for the minimal renewable energy loss. The master/slave controllers steer energy flux flows, direct the surplus of energy to the auxiliary accumulation tank, select the priority of operation and control working medium flow. The method recognized as satisfying is adaptation control. It is important in this method to analyze the current state of operation on the basis of measurement history (result data basis) and smart short term prediction (1 to 3 hours ahead) of future states of operation. This is necessary to prepare operational devices to a relevant switch-over.

To make a comparative estimation of efficiency of the hybrid systems under different climatic conditions, a similar installation has been made in a laboratory of RSE (renewable sources of energy) of the Department of power engineering of LNAU in 2005 [8–16].

The installation includes:

a thermal solar system of hot water supply,

constructed on the base of two flat collectors of total area 3,76 m²;

a thermal pump having power of 15 kW and type ground-water with four horizontal collectors and two vertical probes having depth of 50 m;

a wind-driven electric plant having power of 5,7 kW;

a photo electric power plant having power of 100 W, constructed on the base of two photo panels, one of which having been installed steady, and the second one – on a drive that follows position of the Sun.

General view of the installed equipment is shown on the fig. 5.

To carry monitoring of operating modes of the system, processing and storage of the information, we used hardware and software of the company National Instruments, particularly input-output board of the type USB-6008 and software LabVIEW [17–21].

Fragment of a work window of frontal panel and software code (block-diagram) of a monitoring system of the thermal pump operation is demonstrated by fig. 6.

Impeller flow meters of the type DC3-24V are chosen as a primary transducer of consumption of heat carriers, and primary transducers of the type DS18B20 – for consumption of temperature.



Fig. 5. General view of components of the hybrid system of power supply of a laboratory RSE

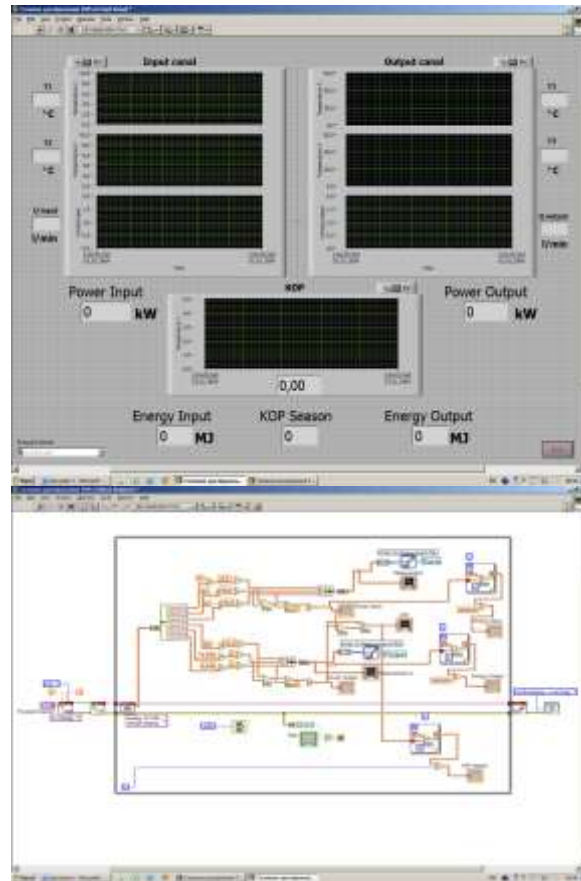


Fig. 6. Fragment of a work window of frontal panel and software code (block-diagram) of a monitoring system of the thermal pump operation

CONCLUSIONS

Nowadays, the described thermal power supply system undergoes operation tests after its upgrading in Poland. In Ukraine special attention is paid to the establishment of a common system of monitoring of operation of the hybrid system components.

Different control algorithms are tested but each test requires the whole year of operation, so the results are still expected.

The local network of cooperating different energy sources (solar, geothermal, electric, gasoil combustion) is to be the more intelligent the more predictive the control algorithm is and the prognoses enable to adapt the system to the users' need considering varying external inputs.

REFERENCES

1. Czekalski D., Chochowski A., Obstawski P. 2012 Parametrization of daily solar irradiance variability. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16. – 2461 – 2467.
2. Piotrowska E., Chochowski A. 2012. Application of parametric identification methods for the analysis of the heat exchanger dynamics. *Inter. Journal of Heat and Mass Transfer.* – Vol. 55. – Nr 23/24.
3. Piotrowska E., Chochowski A.: 2013. Representation of transient heat transfer as the equivalent thermal network (ETN). *International Journal of Heat and Mass Transfer* 63. – 113 – 119.
4. Wojcicka–Migasiuk D. 2013 Thermal system diagnostic through signal modelling. *Environmental Engineering IV* CRC Press Taylor and Francis Group (in printing).
5. Chochowski A., Czekalski D., Mirski T. 2004. Analysis of effectiveness of energy generating process in the renewable source system. *Ann. Warsaw Agricult. Univ. – SGGW, Agricult.* – № 45. – 59 – 67.
6. D'yakonov V.P. 2005. MATLAB 6,5/7,0 + Simulink 5/6 v matematike i modelirovanii. *Biblioteka professionala..* – M.: SOLON-Press. – 576.

THE LOCAL HYBRID POWER SYSTEM

7. Gul'tyayev A.K. 1999. MATLAB 5,2. Imitatsionnoye modelirovaniye v brede Windows: Prakt. Posobiye. – SPb.: Korona print. – 288.
8. Boyarchuk V.M., Syrotyuk V.M., Syrotyuk S.V., Vorobkevych V.YU., Halchak V.P., Smyk V.K. 2005. Kompleksne yenergozabezpechennya malikh pererobnikh pidpriemstv za rakhunok ponovlyuvanikh dzherel yenerгии. Pratsi Tavriys'koi DATA. – Vip. 34. – Melitopol': TDATA. – 98 – 105.
9. Mukund R. Patel. 1999. Wind and Solar Power System. – New York: CRC Press. – 350.
10. Syrotyuk S.V. 2013. Gibridnaya sistema energoobespecheniya sel'skokhozyaystvennykh predpriyatiy s ispol'zovaniyem vozobnovlyayemykh istochnikov energii. Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii "Energoberezhniye – vazhneysheye usloviye innovatsionnogo razvitiya APK". – Minsk, BGATU, 21-22 noyabrya. – 183 – 186.
11. Boyarchuk V., Syrotyuk V., Halchak V., Syrotyuk S., Boltyanskiy B. 2013. Rozrobka yeksperimental'nogo stenda dlya doslidzhennya yefektivnosti zastosuvannya pristroiv, yaki slidkuyut' za sontsem. Visnik L'vivs'kogo NAU: Agroynzhenerni doslidzhennya. – №17. – 286 – 293.
12. Syrotyuk S.V. 2010. Optimizatsiya upravlinnya yenergetichnimi potokami u kompleksnikh sistemakh vikoristannya vidnovlyuval'nikh dzherel yenerгии. Naukoviy visnik Natsional'nogo universitetu bioresursiv i prirodokoristuvannya Ukraini, 146. – K. – 37 – 41.
13. Syrotyuk V., Syrotyuk S. 2011. Osoblivosti modelyuvannya yelektromekhanichnikh sistem vitroustanovok maloi potuzhnosti. Motrol. Motorization and power industry in agriculture. Volume 12 D. Lublin. – 251 – 257.
14. Boyarchuk V., Syrotyuk V., Vorobkevych V., Syrotyuk S., Halchak V., Mikhalyuk M. 2011. Uzgodzhennya parametriv akumulyatornoi batarei z parametrami yelektrichnogo generatora VEU v umovakh minlivosti vitrovogo potoku. Motrol. Motorization and power industry in agriculture. Volume 12 D. Lublin. – 217 – 222.
15. Syrotyuk S. 2011. Mathematical model of system of complex use of renewable energy sources in technological processes of agrarian production/ Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW: Agriculture (Agricultural and Forest Engineering). – Warsaw. – №58. – 79 – 84.
16. Boyarchuk V.M., Syrotyuk V.N., Syrotyuk S.V., Halchak V.P. 2013. Issledovaniye elektromekhanicheskikh sistem vitroustanovok maloy moshchnosti na baze virtual'noy modeli. Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii "Energoberezhniye – vazhneysheye usloviye innovatsionnogo razvitiya APK". – Minsk, BGATU, 21-22 noyabrya. – 41 – 46.
17. Butyrin P.A., Vas'kovskaya T.A., Karatayev V.V., Materikin S.V. 2005. Avtomatizatsiya fizicheskikh issledovaniy i eksperimenta: komp'yuternyye izmereniya i virtual'nyye pribory na osnove LabVIEW 7 / Pod red. P. A. Butyrina. – M.: DMK Press. – 264.
18. Yevdokimov YU.K., Lindval' V.R., Shcherbakov G.I. 2007. LabVIEW dlya radioinzhenera: ot virtual'noy modeli do real'nogo pribora. Prakticheskoye rukovodstvo dlya raboty v programnoy srede LabVIEW. – M.: DMK Press. – 400.
19. LabVIEW dlya vsekh / Dzheffri Trevis: Per. s angl. Klushin N.A. – M.: DMK Press; PriborKomplekt, 2005. – 544 s.
20. Zharkov F.D., Karatayev V.V., Nikiforov V. F., Panov V. S. 1999. Ispol'zovaniye virtual'nykh instrumentov LabVIEW / Pod red. K.S. Demirchyan a i V.G. Mironova. – M.: Radio i svyaz'. – 268.
21. User Guide And Specifications USB-6008/6009. <http://www.ni.com/pdf/manuals/371303m.pdf>

ИССЛЕДОВАНИЕ СОЛНЕЧНО–РАДИАЦИОННО-КОНВЕКТИВНОГО СПОСОБА СУШКИ КОСТОЧКОВЫХ ПЛОДОВ В КОНВЕКТИВНОЙ ГЕЛИОСУШИЛКЕ

Сергей Коробка

Львовский национальный аграрный университет, Украина

Sergii Korobka

Lviv National Agrarian University, Ukraine

Аннотация. Проанализированы результаты экспериментальных исследований процесса сушки косточковых плодов, с целью интенсификации и разработки энергоэффективной технологии получения сухих продуктов.

Ключевые слова: косточковые плоды, экспериментальные исследования кинетики сушки.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В практике имеется большое количество различных способов и методов сушки косточковых плодов, в основном они основаны на теплофизических явлениях процесса испарения влаги из продукта. Это обуславливается специфическими свойствами химического состава клеток косточковых плодов, 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 проанализировать различные варианты солнечных гелиосушительных установок для сушки косточковых плодов, где рассмотрено современное состояние и перспективы снижения энергозатрат в технологии сушки косточковых плодов, технических средств

сушки, перспективы использования гелиоустановок в процессе сушки косточковых плодов [2–6].

Исследованиям технологии сушки косточковых плодов 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 [7–11].

Однако вопросу разработки и исследования технологических процессов сушки косточковых плодов в солнечных гелиосушительных установках уделено недостаточно внимания, что требует дальнейшего решения [12–17].

ПОСТАНОВКА ЗАДАНИЯ

Целью данной работы является экспериментальное исследование процесса сушки косточковых плодов в конвективной гелиосушилке, влияния тепловлажностных режимов, на скорость сушки и качество готовой высушенной продукции.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

В связи со специфическим характером нестационарного режима облучения, изменение в процессе сушки тепломассообменных и терморadiационных характеристик сливы, зависящих от её влажности и сортности, что влияет на продолжительность обработки, которая, как показали исследования на рис. 1, в различные месяцы составляет 64–92 часа. При этом температура сушильного агента в течении суток изменялась от 20°C до 52°C.

Воздействие солнечной радиации было максимальным в период август–сентябрь месяцы и изменялось от 800 до 650 Вт/м². Скорость циркуляции сушильного агента в сушильной камере достигала от 1 до 2,5 м/с.

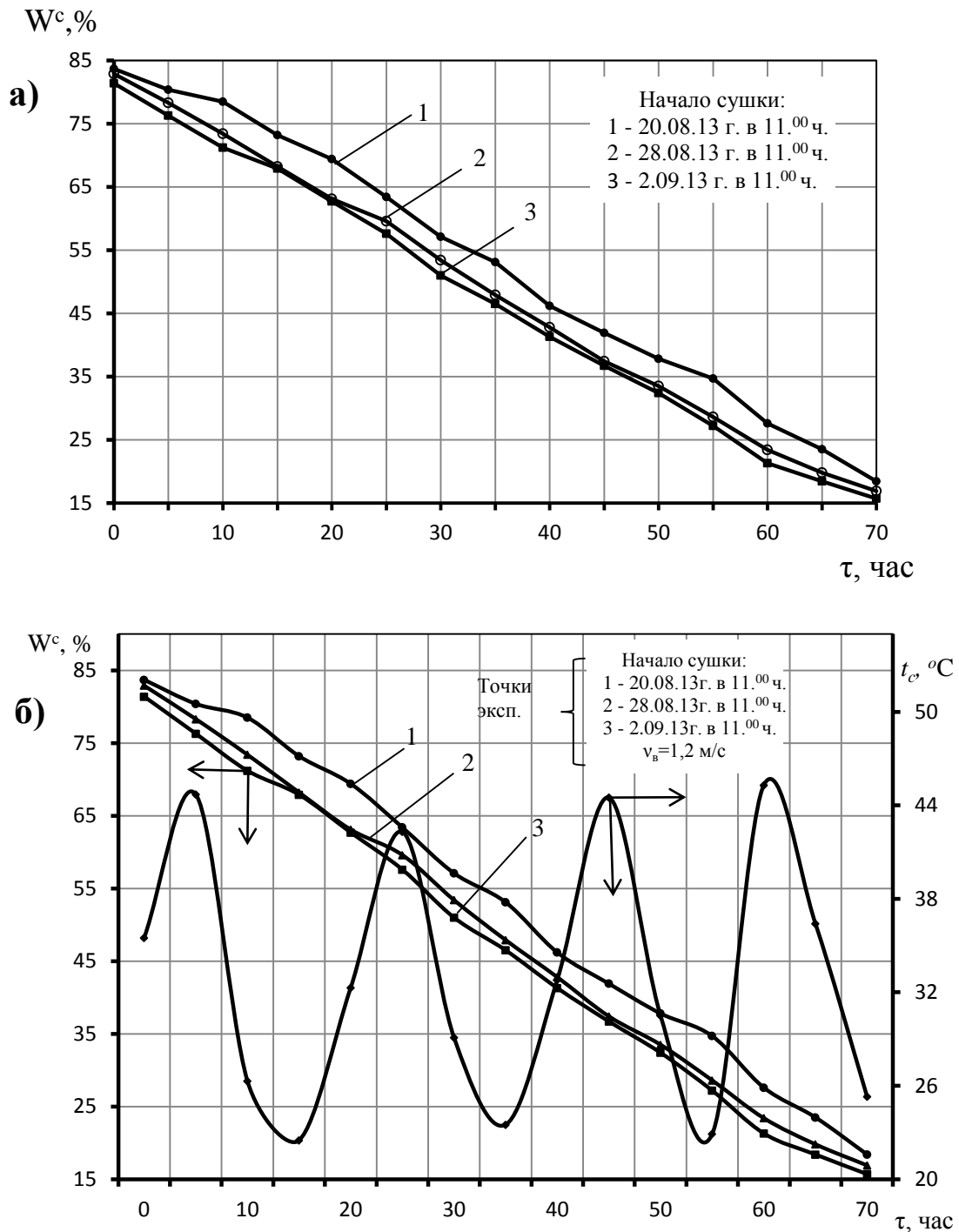


Рис. 1. Кривые солнечно-радиационно-конвективного способа сушки сливы «Венгерка» в конвективной гелиосушилке (а) и (б), без использования воздушно-гравийного аккумулятора
 Fig. 1. Curves of solar-radiation-convection drying method plum «Hungary's» in the convective heliodryers (a) and (b) without the use of air-gravel battery

Из исследований видно, что в течение суток изменение влажности воздуха почти не влияет на процесс сушки.

Анализ полученных данных показал, что из-за длительности процесса сушки сливы получаются кисло-сладкими. Основной фактор ухудшения вкусовых качеств и

потери сухого вещества сливы при скисании—это медленное удаление влаги с поверхности плода.

На рис. 2. приведены построенные по экспериментальным данным кривые кинетики сушки сливы сорта «Венгерка». Как, видно из кривых кинетики сушки,

ИССЛЕДОВАНИЕ СОЛНЕЧНО–РАДИАЦИОННО-КОНВЕКТИВНОГО СПОСОБА СУШКИ КОСТОЧКОВЫХ ПЛОДОВ В КОНВЕКТИВНОЙ ГЕЛИОСУШИЛКЕ

продолжительность сушки для сливы при зрелом её состоянии изменяется в пределах 3–5 часов, что составляет 7 – 8% от общей продолжительности процесса обработки.

Лучший результат данных эксперимента был получен при следующем режиме: температура воздуха, поступающего в сушильную камеру в дневное время 30 – 52°C, в вечернее время 32 – 20°C, за счет использования теплового аккумулятора; скорости воздуха 1,2 м/с.

При этом общая продолжительность сушки в сентябре составила 40-56 часов (рис. 3). Анализ кривых сушки (рис. 4) показывал, что при закладке партии сливы, не имеющих косточек, в конвективную гелиосушительную установку в вечернее время, процесс сушки интенсифицируется в 1,10–1,15 раз по сравнению с закладкой продукта в дневное время, так как при этом в вечернее время удаляется влага с меньшей энергией связи (на 112,6 кДж/кг.вл.). Кроме того, после вечернего времени пористость слоя увеличивается, что способствует увеличению пропускательной и поглощательной способностей высушиваемого слоя. Это подтвердилось при

исследовании терморadiационных характеристик слив. Анализ кривых кинетики нагрева высушиваемого продукта (рис. 3) показал, что в дневное время (в полдень) в солнечной сушильной установке при уменьшении влажности от 83 % до 3 % максимальное значение температуры сливы достигает 29–52°C, а в вечернее время 28 – 20°C.

Кривые скорости сушки (рис. 4) построены по экспериментальным данным кривых сушки для сливы «Венгерка», высушенного солнечно-радиационно конвективного способа сушки. Как видно из рис. 4, в начале, в стадии прогрева, скорость сушки увеличивается от 0 до значения N (в период постоянной скорости $N=13,2$ %/час), затем (от первой критической точки при влажности $W_{кр}=66,1$ %) начинается падение скорости сушки.

В дневное время, под воздействием солнечной радиации и повышения температуры воздуха, скорость сушки увеличивается от 7%/час до 13,1%/час при снижении влажности продукта от 82% до 68%, а затем при снижении влажности 67-3%, скорость сушки снижается до 1-2 %/час.

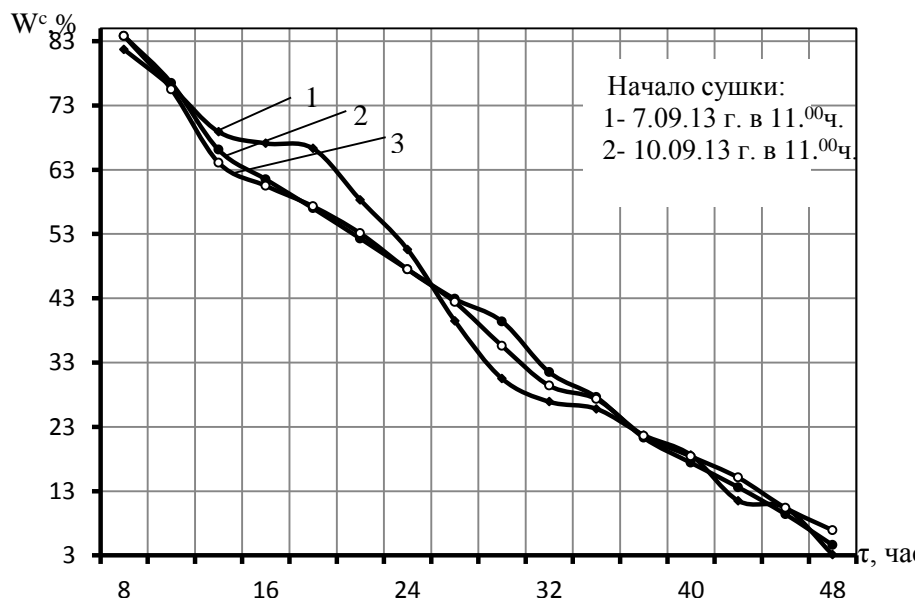


Рис. 2. Кривые солнечно–радиационно–конвективного способа сушки сливы «Венгерка» в конвективной гелиосушилке, с использованием воздушно–гравийным аккумулятором

Fig. 2. Curves of solar–radiation–convection drying method plum «Hungary's» in the convective geliomdryers using an air–gravel battery

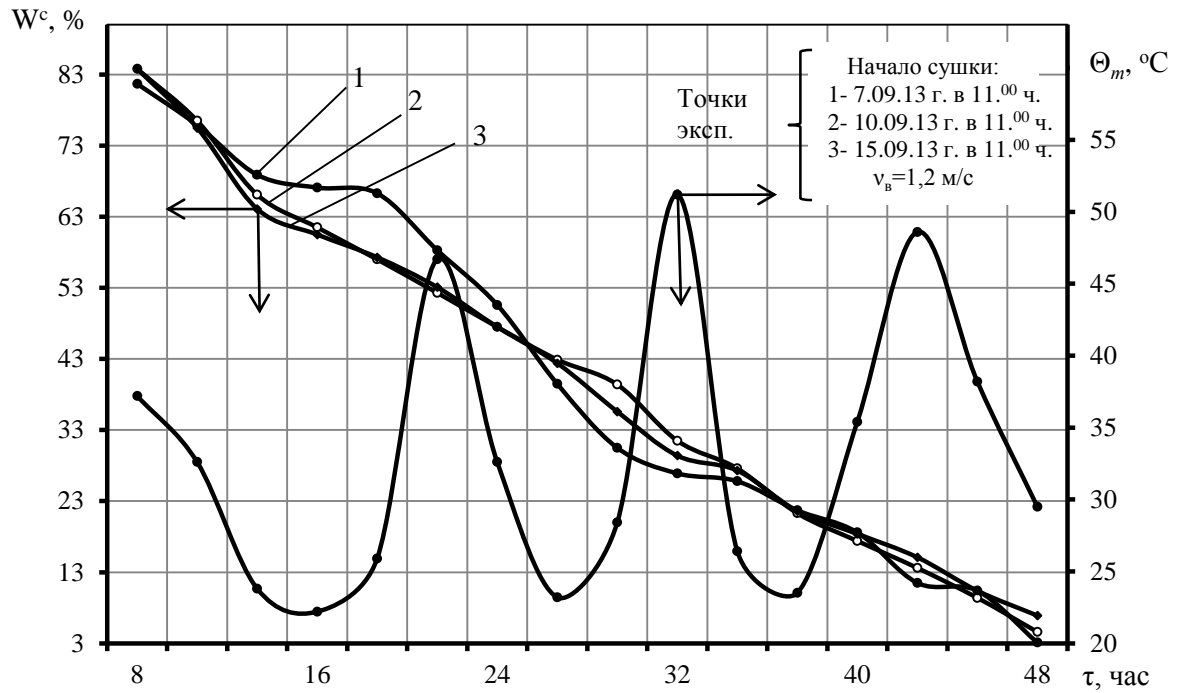


Рис. 3. Кривые сушки и нагрева сливы сорта «Венгерка»
 Fig. 3. Drying and heating curves plum cultivar «Hungary's»

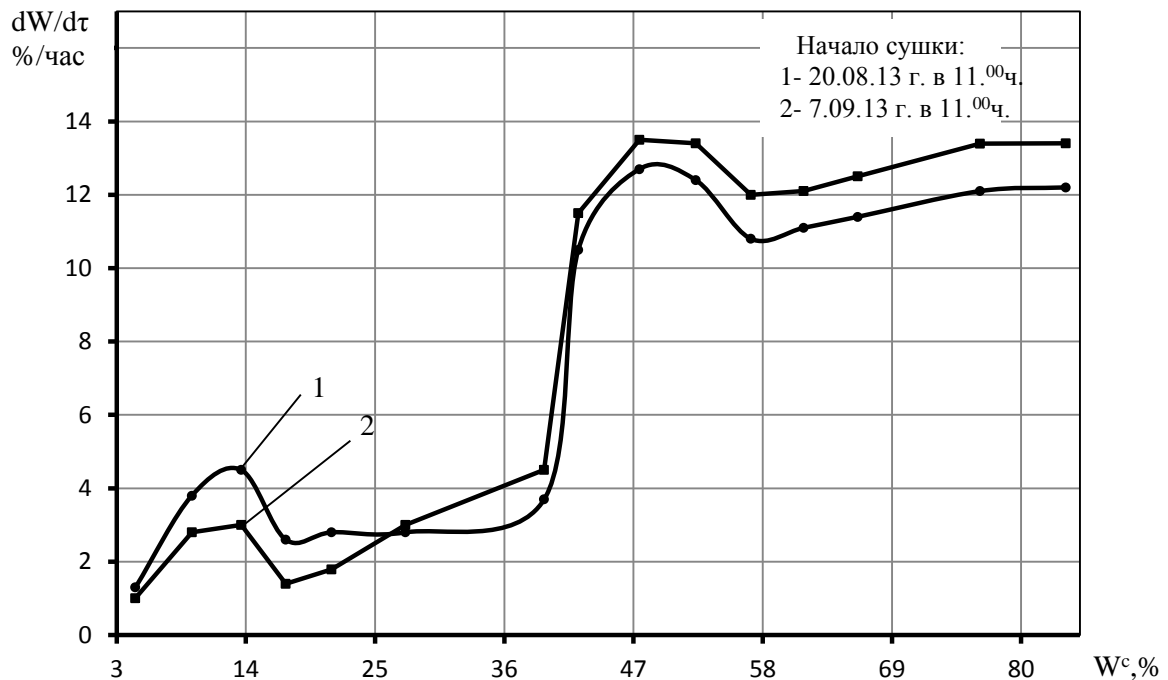


Рис. 4. Кривые скорости сушки сливы «Венгерка» при начальной закладке партии 20.08.13 г. в 11.00 час та 7.09.13 г. в 11.00 час

Fig. 4. Curve speed drying plums «Hungary's» party in the initial tab 20.08.13 y. at 11.00 o'clock she 7.09.13 y. at 11.00 h

Относительная скорость испарения влаги в зоне постоянной скорости сушки для всех плодов в диапазоне погрешностей экспериментов примерно одинакова.

Расхождение в зоне прогрева сырья объясняется как различиями геометрических размеров и масс высушиваемых частиц

ИССЛЕДОВАНИЕ СОЛНЕЧНО–РАДИАЦИОННО-КОНВЕКТИВНОГО СПОСОБА СУШКИ КОСТОЧКОВЫХ ПЛОДОВ В КОНВЕКТИВНОЙ ГЕЛИОСУШИЛКЕ

сырья, так и морфологическими структурами сырья.

Приведенные результаты свидетельствуют о том, что наши опытные данные в пределах погрешности эксперимента можно аппроксимировать одной зависимостью:

$$W^c = -1,201 \cdot \tau \cdot 0,865 + 1,102 \quad (1)$$

где τ – продолжительность сушки, час.

ВЫВОДЫ

Наличие кривых сушки позволяет упростить расчеты технологических режимов сушки различных видов косточкового плодового сырья в гелиосушилках идентичного типа, а также прогнозировать наиболее эффективные режимы технологического графика сушки.

Зависимости на основании экспериментальных данных об изменении влажности материала на сухую массу $W^c = f(\tau)$ и скорости сушки $N = f(\tau)$ дают основу для определения характеристик кинетики процессов сушки и правильного подбора тепловлажностных режимов сушки.

Исследования, проведенные при температуре воздуха поступающего в сушильную камеру в дневное время 30–52°C, в вечернее время 32–20°C и скорости воздуха 1–2,5 м/с:

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. Funkcjonalnosc zintegrowanego systemu grzewczego w ogrzewanych tunelach foliowych / rracca zbiorowa pod redakcji Slawomira Kurpaski. – Krakow: polskie towarzystwo inzynierii 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 teplomassobmennyykh protsessov, – М.: Vysshaya shkola, 183.
13. Anoshin I.M. 1970. Teoreticheskiye osnovy massoobmennyykh pishchevykh proizvodstv, – М.: Pishchevaya promyshlennost', 344.
14. Achilov B.M., 2011. Wyniki badania przeprowadzonego przez suszenie owocow geliosushilnoy karuzelę instalacji, – Motrol. Lublin, – Tom 13B, 46–51.
15. Vagenas G.K. 2010. Kinetyka suszenia owocow - Motrol. Lublin, – Tom 12B, 116–121.
16. Flaumenbaum B.L. 1986. Osnovy konservirovaniya pishchevykh produktov, – М.: Agropromizdat, 494.
17. Pleshkov B.P. 1987. Biokhimiya sel'skokhozyaystvennykh rasteniy, – М.: Agropromizdat, 494.

STUDY RESEARCHES SOLAR-RADIATION-CONVECTION DRYING METHOD DRYING STONE FRUIT IN CONVECTIVE GELIOMDRYERS

Summary. Examined the results of experimental studies of the process of drying stone fruit, in order to intensify the development of energy-efficient technologies that produce dry foods.

Key words: raw materials, fruit, experimental studies kynetyky drying.

ИМИТАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ЭКВИПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НАПРЯЖЕННОСТИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ИНДУКТОРА С ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ОБМОТКОЙ

Анатолій Кушніренко

ОП НУБиП України «Нежинський агротехнічний інститут», Україна

Anatoliï Kushnirenko

SS of NULES of Ukraine «Nizhyn Agrotechnical Institute», Ukraine

Аннотация. Электротехнологии предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур в электромагнитном поле рассматриваются как система, которую можно теоретически и экспериментально смоделировать и на основе полученной модели проанализировать связи основных факторов параметров электротехнологического оборудования и физиологических свойств биологического объекта. Приведены результаты теоретических, экспериментальных исследований и имитационного моделирования напряженности магнитного поля рабочей зоны технологического узла установки, который имеет прямоугольную обмотку, также проверка на адекватность теоретической модели с экспериментальной.

Ключевые слова: предпосевная обработка семян сельскохозяйственных культур в электромагнитном поле, модели картин электромагнитного поля, напряженность магнитного поля индуктора, который имеет прямоугольную обмотку.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Электротехнологии предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур в электромагнитном поле постоянно совершенствуются. Наведенное магнитное поле в индукторе, который имеет прямоугольную обмотку можно теоретически смоделировать. Полученные модели позволят определить технологические параметры обработки и конструктивные особенности установки, которые обеспечивают получение стабильной прибавки урожая.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Известно теоретические и экспериментальные модели картин поля в рабочих зонах индукторов, которые имеют сплошную однослойную обмотку или с переменным радиусом. Модели картин поля образованного в индукторе, который имеет прямоугольную обмотку, в научных трудах не выявлено.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Теоретически исследовать электромагнитное поле в рабочей зоне индуктора с прямоугольной обмоткой и сравнить с экспериментальными данными, используя теорию электромагнитного поля Д.К. Максвелла, принцип суперпозиции электромагнитных полей от различных частей обмотки, методы имитационного моделирования.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Расчетная схема индуктора с прямоугольной обмоткой приведена на рис. 1.

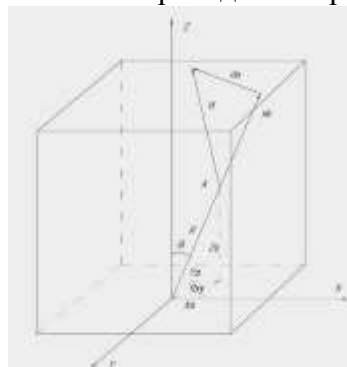


Рис. 1. Расчетная схема индуктора с прямоугольной обмоткой

Fig. 1. Design scheme with a rectangular coil inductor

В точке A составляющие напряженность магнитного поля (радиальная и поперечная) и напряженность магнитного поля определяется по выражениям:

$$H_R = \frac{I \cdot n \cdot S \cdot \cos \theta}{2\pi \cdot R^3}, \quad (1)$$

$$H_\theta = \frac{I \cdot n \cdot S \cdot \sin \theta}{4\pi \cdot R^3}, \quad (2)$$

$$H = \sqrt{H_R^2 + H_\theta^2}. \quad (3)$$

С расчетной схемы индуктора с прямоугольной обмоткой определяем:

$$R_{xy}^2 = X^2 + Y^2, \quad (4)$$

$$R_{xy} = \sqrt{X_a^2 + Y_a^2}, \quad (5)$$

$$R^2 = R_{xy}^2 + Z_a^2 = X_a^2 + Y_a^2 + Z_a^2, \quad (6)$$

$$R = \sqrt{X_a^2 + Y_a^2 + Z_a^2}, \quad (7)$$

$$\cos \theta = \frac{Z_a}{R} = \frac{Z_a}{\sqrt{X_a^2 + Y_a^2 + Z_a^2}}, \quad (8)$$

$$\cos^2 \theta = \frac{Z_a^2}{X_a^2 + Y_a^2 + Z_a^2}, \quad (9)$$

$$\sin \theta = \frac{R_{xy}}{R} = \frac{\sqrt{X_a^2 + Y_a^2}}{\sqrt{X_a^2 + Y_a^2 + Z_a^2}}, \quad (10)$$

$$\sin^2 \theta = \frac{X_a^2 + Y_a^2}{X_a^2 + Y_a^2 + Z_a^2}, \quad (11)$$

$$S = a \times b. \quad (18)$$

Подставив найденные величины в выражения 1, 2, 3 получаем:

$$H_R = \frac{I \cdot n \cdot S \cdot Z_a}{2\pi (X_a^2 + Y_a^2 + Z_a^2)^{3/2}}, \quad (19)$$

$$H_\theta = \frac{I \cdot n \cdot S \cdot \sqrt{X_a^2 + Y_a^2}}{4\pi (X_a^2 + Y_a^2 + Z_a^2)^{3/2}}, \quad (20)$$

$$H = \frac{I \cdot n \cdot S \sqrt{X_a^2 + Y_a^2 + 4Z_a^2}}{2\pi \cdot (X_a^2 + Y_a^2 + Z_a^2)^{3/2}}, \quad (21)$$

где: $X = 0 \dots \frac{a}{2}, \quad Z = 0 \dots \frac{b}{2}$ и $Y = 0 \dots \frac{h}{2}.$

При $X = 0, \quad Z = 0$ и $Y = 0 \dots \frac{h}{2},$ напряженность магнитного поля вдоль

центральной оси индуктора с прямоугольной обмоткой определяется выражением:

$$H = \frac{I \cdot n}{2h} \left[\frac{Y_b}{\sqrt{Y_b^2 + R_i^2}} + \frac{h - Y_b}{\sqrt{(h - Y_b)^2 + R_i^2}} \right]. \quad (22)$$

Напряженность магнитного поля в центре индуктора с прямоугольной навивкой и на центральной оси на периферии составляет:

$$H_{\text{ц}} = \frac{I \cdot n}{h}, \quad H_n = \frac{I \cdot n}{2h} \quad (23)$$

Выражения 8–12 являются теоретической моделью напряженности магнитного поля индуктора с прямоугольной обмоткой.

Эквипотенциальные поверхности теоретических значений векторов напряженности магнитного поля в рабочей зоне индуктора с прямоугольной обмоткой приведена на рис. 2. Уравнение эквипотенциальных поверхностей имеют вид:

$$H_{100\%} = \frac{1}{2X^2} + \frac{1}{2Y^2}, \quad (24)$$

$$H_{89.5\%} = 2.8 + \frac{1}{3X^2} + \frac{1}{3Y^2}, \quad (25)$$

$$H_{75\%} = 5 + \frac{1}{4X^2} + \frac{1}{4Y^2}, \quad (26)$$

$$H_{50\%} = \frac{2}{X^2} + \frac{2}{Y^2}. \quad (27)$$

Построение графического изображения модели эквипотенциальных поверхностей расчетных (теоретических) значений векторов напряженности магнитного поля в рабочей зоне индуктора с прямоугольной обмоткой выполнено в поле программы Wolfram Matematika 6.

Имитационная модель эквипотенциальных поверхностей теоретических значений векторов напряженности магнитного поля в рабочей зоне индуктора с прямоугольной обмоткой приведена на рис. 2.

Проверка полученной имитационной модели 24–27 на адекватность с экспериментальными данными выполняется по методике нулевой гипотезы H_0 . Эта проверка выполняется по разработанной программе.

В программу введены теоретические и экспериментальные значения узловых четырех точек (значения которые не повторяются).

ИМИТАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ЭКВИПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НАПРЯЖЕННОСТИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ИНДУКТОРА С ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ОБМОТКОЙ

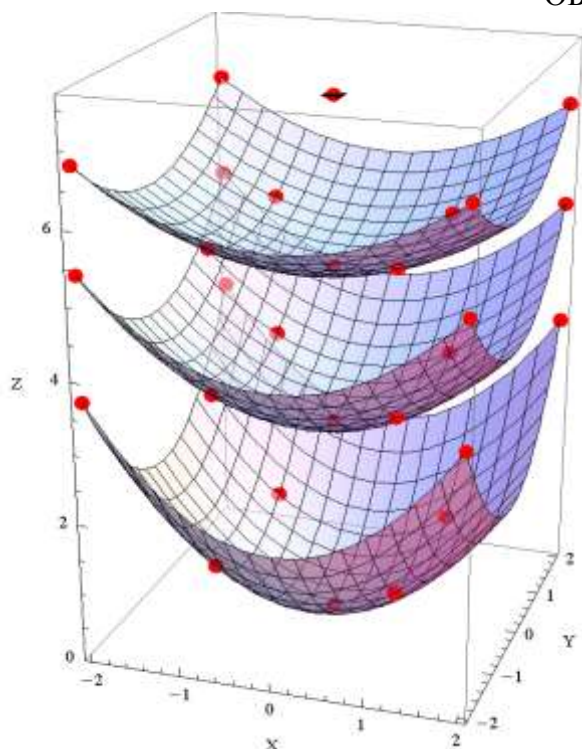


Рис. 2. Имитационная модель эквипотенциальных поверхностей теоретических значений векторов напряженности магнитного поля в рабочей зоне индуктора с прямоугольной обмоткой

Fig. 2. Simulation model of the equipotential surfaces of the theoretical values of the vectors of the magnetic field in the working area with a rectangular inductor winding

Табличное значение t-критерия Стьюдента на 5% уровне при числе степеней свободы для данного случая $\nu = 8$ составляет $t_{0.05} = 2,38$, а по результатам расчета $t_{\text{фак}} = 2,16$.

ВЫВОДЫ

Поскольку выполняется условие $t_{\text{фак}} = 2,36 \leq t_{0.05} = 2,38$ теоретическая имитационная модель эквипотенциальных поверхностей напряженности магнитного поля в рабочей зоне индуктора с прямоугольной обмоткой

24–27 считается адекватной с экспериментальными данными.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Lukacs V.S. Device for preplant treatment of seeds in the electromagnetic field. Patent number 65240 A, Ukraine, МПК7 А 01 С 1/00 / V.S. Lukacs, A.G. Kushnirenko, V.F. Yaroshenko, V.I. Mishchenko, N.V. Nizhenets. – К.: SC UIV, Publ. 16.05.2005. Bull. Number 5. – 6.
2. Tamm I.E. Fundamentals of the theory элекtrychestva / I.E. Tamm. – Moscow: Nauka, 1989. – 504.
3. Tatour T.A. Basic theory electromagnetic field. Reference Textbook. / T.A .TATOUR: – Moscow: Higher School, 1989. – 271.

SIMULATION MODELS OF THE EQUIPOTENTIAL SURFACES OF THE MAGNETIC FIELD OF THE INDUCTOR WITH RECTANGULAR WINDING

Summary. Electrotechnology treatment of seeds of agricultural crops in the electromagnetic field are considered as a system, which can be theoretically and experimentally and modeled on the basis of the resulting model to analyze the connections between the main factors of electro equipment parameters and physiological properties of a biological object. The results of theoretical and experimental studies and simulation of the magnetic field of the working area processing unit installation, which has a rectangular coil and check the adequacy of the theoretical model with the experimental results.

Key words: pre-sowing seed crops in the electromagnetic field, electromagnetic field model pictures, the magnetic field of the inductor, which has a rectangular coil.

РОСЯНАЯ МОЧКА ЛЬНОСОЛОМЫ КАК ФАКТОР БИОЛОГИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ВОЛОКНА

Анатолій Лимонт

Житомирський національний агроecологiчний університет, Україна

Anatoli Limont

Zhytomyr National Agroecological University, Ukraine

Аннотация. Из способов обработки льносолломы наиболее экологически безопасной, наименее энергоемкой и экономически целесообразной является росаяная мочка, которая является биологическим способом приготовления льнотресты на стлище или льняном поле. В исследовании плотность расстила льносолломы в ленте изменяли от 500 до 4000 и 5000 стеблей на одном метре ее длины с интервалом 500 *шт./м*. Определено изменение выхода и номера длинного волокна из тресты росаяной мочки, полученной при различной плотности лент расстланной льносолломы. Исследовано влияние плотности расстила лент на сумму проценто-номеров длинного и короткого волокна, прочность, гибкость и метрический номер волокна, а также расчетную добротность пряжи. Полученные количественные зависимости разработаны и уяснены на основании дисперсионного и корреляционно-регрессионного анализов.

Ключевые слова: лен-долгунец, солома, лента, треста, волокно, выход, качество, номер, инструментальная оценка.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Среди способов обработки льносолломы для получения волокна известны [10, 18]: водяная, росаяная, холодно- и тепловодная, аэробная, анаэробная, комбинированная аэробно-анаэробная и ферментативная мочка солломы, а также химический и физико-химический способы приготовления льнотресты. Среди указанных способов наиболее экологически безопасным, наименее энергоемким и экономически целесообразным является росаяная мочка. Этот способ обработки солломы относят к биологическому способу приготовления льнотресты, при котором ее вылежка происходит на поле под влиянием соответствующих микроорганизмов. Жизнедеятельность и

количество микроорганизмов, способствующих вылежке тресты, помимо других факторов, зависит и от толщины расстланной лент льносолломы [8]. Толщину расстланной лент оценивают плотностью расстила солломы по количеству стеблей в расчете на один погонный метр длины ленты (*шт./м*) или же в весовых показателях, например, в *кг/м* или *т/га*. От плотности расстила лент зависят выход волокна из тресты и его качество. Однако в проблеме научного обеспечения механизированного производства льна-долгунца остались невыясненными ряд вопросов приготовления тресты росаяной мочкой. В этой статье и предусмотрено осветить некоторые из них.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

При уборке льна-долгунца комбайнами технология приготовления тресты росаяной мочкой предусматривает расстил вытеребленных и очесанных стеблей в ленту на льняном поле. Толщина расстланной лент по количеству стеблей на 1 погонном метре (*шт./м*), зависящая от предуборочной густоты стеблестоя и режимов использования льноуборочных агрегатов, определяет условия развития микроорганизмов, оказывая влияние на выход волокна из получаемой тресты и его качество.

Наиболее полно влияние толщины расстила солломы на выход и номер волокна освещено в середине прошлого столетия в работе А.А. Ерофеева [21], библиографический список которой содержит 81 источник, в том числе опубликованных в 1804 и 1864 гг. Сведения относительно оценки технологической эффективности плотности лент расстланной солломы по количеству стеблей на одном погонном метре ленты имеются в работах: М.И. Афонина и Н.Г. Коренского [1], В.Г. Дидоры [2],

Б.А. Доспехова [3, 4], В. Залужного, О. Сидорчука и Ю. Проценко [22], В.В. Макарова [11], А.В. Писарчика [14], И.И. Пиуновского, К.Ф. Терпиловского и В.П. Клявиной [15], Н.Н. Суркова и М.Д. Полежаевой [16], А.А. Ярошевича и Е.Т. Кучинского [19]. В.В. Макаров писал, что лучшую тресту получают в условиях расстила соломы слоем не больше одного стебля в толщине ленты. По данным В.Г. Дидоры оптимальной нормой расстила считают 1800 стеблей на погонный метр ленты. А.А. Ярошевич и Е.Т. Кучинский со ссылкой на Белорусский НИИ земледелия указывают на количество стеблей 1200–1800 *шт./м*. В обобщении А.В. Писарчика указано, что по данным различных исследователей плотность ленты составляет 1600–1700, 1800–2000 и 1800–3350 *шт./м*. И.И. Пиуновский и его соавторы проводили исследования при изменении плотности в пределах 600–4800 *шт./м* и получили наилучшие показатели при плотности 1800 *шт./м*. М.И. Афонин и Н.Г. Коренский изучали технологическую эффективность плотности лент соломы в пределах 1087–2134 *шт./м*. В опытах Н.Н. Суркова и М.Д. Полежаева в опытах плотность лент разостланной соломы изменяли в пределах 1164–3311 *шт./м*, В. Залужный, О. Сидорчук и Ю. Проценко – 1612–1956 и 2327–2817 *шт./м*, а Б.А. Доспехов – 800–1000 и 2800–3000 *шт./м*.

Мнения исследователей относительно влияния плотности лент на выход и номер длинного волокна противоречивы. Одни указывают, что плотность лент не влияет на выход волокна, другие же – наоборот. Однако большинство считает, что номер длинного волокна с увеличением плотности лент имеет тенденцию к снижению. Некоторые из исследователей в связи с этим высказываются относительно ограничения плотности лент, при которой норма расстила соломы не должна превышать 1,5–1,6 [5] или 2,0–2,5 [17] и 3,5 *т/га* [19]. Однако по данным ряда исследователей качество тресты и волокна не ухудшались и при нормах расстила до 4,5–5,0; 7 *т/га* и даже 8–10 *т/га* [21]. Имеется информация [14], что на одном погонном метре ленты не следует расстилать свыше 0,40–0,45 *кг* стеблей, по другим данным – 0,25

кг/м и свыше примерно 1 *кг* на шесть погонных метров, что составляет 0,17 *кг/м* [5].

Технологическую эффективность приготовления тресты при различной плотности лент определяли по выходу из тресты долгого и короткого волокна и их номерами или же по такому комплексному показателю как сумма процентно-номеров долгого и короткого волокна. Сумму процентно-номеров волокна определяли [3, 4, 14, 15], а Н.Н. Сурков и М.Д. Полежаева – центнерономер волокна. Однако в работах цитируемых и других исследователей рассматриваемого вопроса не определены качественные зависимости и количественные изменения выхода и номера волокна из тресты росяной мочки при различной плотности лент разостланной соломы. Только в работе А.В. Писарчика [14] приведены графики изменения процентно-номера волокна в зависимости от массы соломы, разостланной на одном метре ленты (*кг/м*).

Помимо органолептической оценки качество волокна определяют и инструментально с использованием его прядильных свойств, которые характеризуют прочностью, гибкостью метрическим номером и расчетной добротностью пряжи. По данным В.Б. Ковалева [9] наиболее полно отображают прядильные свойства волокна его прочность и гибкость. По данным Б.А. Доспехова [3, 4] при изменении плотности расстила в пределах 1800–6000 *шт./м* прочность и гибкость волокна уменьшаются или их изменений не наблюдается. По данным М.Е. Егорова [20] при нормах расстила 3–3,5 и 2–2,5 *т/га* технологические показатели волокна, определяемые инструментально, практически одинаковы. В исследованиях Н.Г. Коренского [8] с изменением нормы расстила 2,2–7,0 *т/га* прочность волокна несколько уменьшалась, а его гибкость, метрический номер и расчетная добротность пряжи не изменялись. По данным И.П. Карпца и В.С. Лихман [7] с повышением нормы расстила от 4,5 до 8,9 *т/га* прочность и гибкость волокна уменьшаются. В работах [12, 13] отсутствует информация о качестве волокна, получаемого из тресты росяной мочки с учетом плотности разостланных лент соломы.

РОСЯНАЯ МОЧКА ЛЬНОСОЛОМЫ КАК ФАКТОР БИОЛОГИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ВОЛОКНА

ПОСТАНОВКА ЗАДАНИЯ

Цель работы – выяснить характер изменения выхода волокна и его качества в условиях приготовления тресты росяной мочки с учетом плотности разостланных лент соломы при комбайновой уборке льна-долгунца. Задачи исследования: 1) оценить влияние плотности разостланных лент на выход и номер длинного волокна; сумму процентно-номеров всего волокна; прочность, гибкость и метрический номер волокна, а также расчетную добротность пряжи; 2) определить характер и количественное изменение выхода и качественных показателей волокна из тресты росяной мочки в зависимости от плотности разостланных лент соломы.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Объектом исследования был технологический процесс приготовления льнотресты росяной мочкой с учетом различной плотности лент разостланной соломы. Из разостланных льнокомбайном ЛК-4Т лент льносоломы в день уборки производственных посевов льна-долгунца вручную формировали опытные ленты с плотностью расстила от 500 до 4000 и 5000 стеблей на одном погонном метре с интервалом в 500 *шт./м*. Ленты расстилали на поле с травяным покровом под ними с плотностью в среднем 967 *г/м²* при влажности травы 67,9 %.

В качестве оценочных показателей качества технологического процесса приняты выход из приготовленной тресты длинного и короткого волокна, их номера, определяемые органолептически, сумма процентно-номеров всего волокна, и определяемые инструментально прочность, гибкость и метрический номер волокна, а также комплексный показатель его качества – расчетная добротность пряжи. Выход волокна и его качество определяли в технологической лаборатории льна бывшей Житомирской государственной областной сельскохозяйственной опытной станции. Обработка экспериментальных данных осуществлена с использованием методов

математической статистики и стандартных компьютерных программ.

С использованием дисперсионного анализа экспериментальных данных выхода длинного волокна показано, что влияние плотности лент на изменение выхода длинного волокна подтверждается в зависимости от года исследований на уровнях доверительной вероятности несколько ниже 0,75; 0,90 и 0,95. Относительно номера длинного волокна, то влияние на него плотности лент подтверждается на уровне доверительной вероятности 0,95. Для выяснения направления и характера влияния плотности лент на выход и номер длинного волокна рассчитывали коэффициенты корреляции между результативными признаками и факториальным, а также корреляционные отношения первых на второй. Оказалось, что во всех исследуемых парных связях коэффициенты корреляции имели отрицательные значения в пределах 0,464–0,920. Это указывало на снижение выхода и номера волокна при увеличении плотности лент разостланной соломы. По численным значениям корреляционных отношений (0,370–0,876), сравнении их с соответствующими коэффициентами корреляции и рассчитанными разностями квадратов корреляционных отношений и коэффициентов корреляции пришли к заключению, что выход и номер длинного волокна в зависимости от плотности разостланных лент уменьшаются соответственно по прямолинейным и криволинейным зависимостям. На рис. 1 представлены экспериментальные значения выхода $V_{дв}$ и номера $N_{дв}$ длинного волокна, которые получены в различные годы исследований, а также линии прямолинейной регрессии $V_{дв}$ и криволинейное уменьшение $N_{дв}$ в зависимости от плотности $n_{см}$ лент разостланной соломы.

Повышение плотности разостланных лент на 1000 *шт./м* сопровождается уменьшением выхода длинного волокна на 0,4–1,7%. Номер длинного волокна с повышением плотности лент до 1500–2000 *шт./м* снижается по выпуклой кривой до точки перегиба, за которой при дальнейшем повышении плотности – снижается по вогнутой кривой, достигая соответствующего асимптотического

снижения. Косвенно можно считать, что с повышением плотности расстила на 1000 *шт./м* номер длинного волокна снижается ориентировочно на 0,2–0,6 *единицы*. По значениям коэффициентов детерминации вариация выхода и номера длинного волокна соответственно на 63–84 и 42–85% причинно обусловлена вариацией плотности лент разостланной льносоломы.

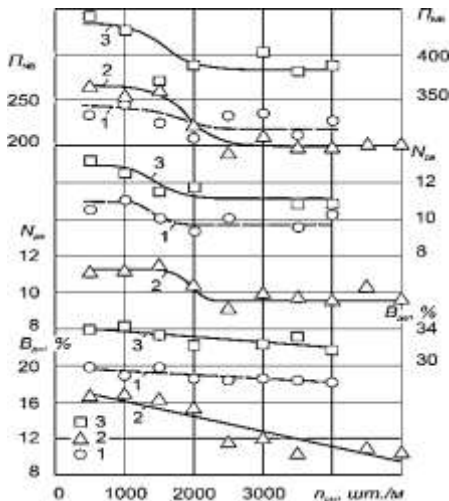


Рис. 1. Изменение выхода $V_{дв}$, номера $N_{дв}$ длинного волокна и суммы процентно-номеров волокна всего Π_{NB} в зависимости от плотности лент разостланной соломы $n_{см}$: 1–3 – годы исследований

Fig. 1. The change in output $V_{дв}$, long fiber count $N_{дв}$ and the sum of the whole fiber percent-count Π_{NB} depending on the density of spread straw strips $n_{см}$: 1–3 – the years of investigations

Дисперсионный анализ показал, что по данным многолетних исследований влияние плотности лент разостланной соломы $n_{см}$ на процентно-номер волокна $N_{дв}$ определено по уровню доверительной вероятности 0,75 и 0,99. Процентно-номер волокна отрицательно коррелирует с плотностью лент с коэффициентами корреляции минус 0,348; 0,624 и 0,832. При этом корреляционные отношения результативного признака на факториальный имели значения 0,609; 0,769 и 0,921. Это и рассчитанные значения разности квадратов корреляционных отношений и коэффициентов корреляции, что свидетельствует о криволинейном изменении Π_{NB} в зависимости от $n_{см}$. Графическая интерпретация экспериментальных данных (рис. 1) свидетельствует о возможности поиска такой формы криво-

линейного изменения, при которой она может быть описана зависимостью, являющейся зеркальным отображением логистической кривой. В.П. Горячкин [6], анализируя общие схемы развития явлений, такие кривые называл «обратными интегральными» и указывал, что подобные формы развития процессов свойственны явлениям не только в технических отраслях знаний, но и в биологии, а росаяная мочка льносоломы – это биологический способ приготовления тресты. Используя известные приемы равномерного приближения графического изображения экспериментальных данных зависимой переменной плавными линиями в диапазоне изменения независимой переменной, на рис. 1 приведены соответствующие «обратные интегральные» кривые. Из представленных кривых видно, что при увеличении плотности лент процентно-номер волокна на выпуклом участке кривой замедленно уменьшается, потом равномерно уменьшается, а с дальнейшим увеличением плотности лент на вогнутом участке кривой ускоренно уменьшается, достигая нижнего асимптотического значения. По экспериментальным данным расстояние между верхней и нижней асимптотами ориентировочно принимало значение в пределах 37,6–73,9 процентно-номеров, а точка перегиба кривой относительно оси абсцисс приходилась на плотность ленты в пределах 1500–2000 стеблей на один м ее длины.

Плотность лент разостланной соломы по результатам дисперсионного анализа влияет на прочность, гибкость, метрический номер волокна и расчетную добротность пряжи. Влияние плотности расстила лент на исследуемые показатели качества волокна определено с учетом времени исследований и уровня доверительной вероятности. Для метрического номера волокна и расчетной добротности пряжи, по результатам первого года исследований, влияние плотности расстила определено на уровне доверительной вероятности 0,75. Для гибкости волокна и расчетной добротности пряжи, по результатам третьего года исследований, влияние определено на уровне доверительной вероятности 0,90. Для остальных показателей качества в различные годы исследований влияние плотности расстила лент определено на уровне доверительной вероятности 0,95. По силе

РОСЯНАЯ МОЧКА ЛЬНОСОЛОМЫ КАК ФАКТОР БИОЛОГИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ВОЛОКНА

влияния плотности расстила на показатели инструментальной оценки качества волокна варьирование факториального признака на 26–57% причинно определяет варьирование исследуемых результативных признаков.

В течение всех лет исследований между прочностью волокна и плотностью лент определена положительная корреляционная связь с коэффициентами корреляции по годам 0,451; 0,156 и 0,186. Между гибкостью, метрическим номером волокна и расчетной добротностью пряжи и факториальным признаком установлена отрицательная корреляционная связь. Коэффициенты корреляции, качественно определяющие соответствующие парные связи, с учетом лет исследований принимали значения в пределах от минус 0,179 до минус 0,868. Следовательно, с повышением плотности лент разостланной соломы прочность волокна возрастает, а его гибкость и метрический номер, а также расчетная добротность пряжи уменьшаются. Уяснение формы и характера увеличения или уменьшения результативных признаков с повышением плотности лент осуществлено с использованием R^2 -коэффициента путем выравнивания экспериментальных данных оценочных показателей качества волокна уравнениями прямых, степенных и логарифмических функций, а также экспоненциальными и гиперболическими зависимостями. Показано, что с повышением плотности лент разостланной соломы, увеличение прочности волокна лучше описывается уравнениями прямых с положительными значениями угловых коэффициентов, а уменьшение гибкости и метрического номера – уравнениями прямых с отрицательными значениями угловых коэффициентов. Что касается расчетной добротности пряжи, то по данным первых двух лет исследований, наилучшее выравнивание обеспечивала аппроксимация результатов эксперимента уравнениями прямых и экспоненциальных функций, которые при графической их интерпретации почти совпадают. По результатам третьего года исследований наилучшее выравнивание экспериментальных данных расчетной добротности пряжи наблюдалось при их аппроксимации степенной функцией и гиперболой. Экспериментальные данные соответствующих

показателей качества волокна, определяемых инструментально, и их аппроксимация предполагаемыми прогностическими функциями представлены на рис. 2.

Анализ прогностических линий, аппроксимирующих изменение экспериментальных данных качества волокна в зависимости от плотности лент разостланной соломы показывает, что повышение плотности расстила на 1000 *шт./м* с учетом трехлетних исследований сопровождается повышением прочности волокна на 0,12–0,45 *даН*, снижением гибкости и метрического номера соответственно на 0,05–1,2 *мм* и 7,2–14,7 *единиц*.

Расчетная добротность пряжи $P_{дп}$ по трехлетним данным колебалась в пределах 11,6–16,8 *км*. Характер изменения этого показателя качества волокна в зависимости от плотности расстила соломы $n_{см}$ по годам исследований в графическом исполнении представлен на рис. 2. По наблюдениям первых двух лет исследований и их представлении ниспадающими прямыми можно заключить, что с повышением плотности расстила на 1000 *шт./м* расчетная добротность пряжи снижается на 0,18 и 0,22 *км*.



Рис. 2. Изменение прочности Pr_v , гибкости Gb_v , метрического номера Mn_v волокна и расчетной добротности пряжи $P_{дп}$ в зависимости от плотности лент разостланной соломы $n_{см}$: 1–3 – годы исследований
Fig. 2. The change in density Pr_v , flexibility, Gb_v , metric count Mn_v of fiber and estimated soundness of yarn $P_{дп}$ depending on the density of spread straw strips $n_{см}$: 1–3 – the years of investigations

По исследованиям третьего года и описании характера изменения $P_{дп}$ в

зависимости от $n_{см}$ по степенной кривой прослеживается, что интенсивность уменьшения $P_{дп}$ значительно замедляется с повышением плотности расстила соломы свыше 2000 *шт./м*.

ВЫВОДЫ

Между выходом длинного волокна и плотностью лент разостланной соломы определена отрицательная корреляционная связь с коэффициентами корреляции минус 0,796–0,918. С повышением плотности расстила на 1000 *шт./м* выход длинного волокна снижается на 0,4–1,7%.

Между номером длинного волокна и плотностью лент отмечена отрицательная корреляционная связь с коэффициентами корреляции и корреляционными отношениями соответственно минус 0,464–0,920 и 0,646–0,835. Снижение номера длинного волокна с повышением плотности лент описывается криволинейной зависимостью. Вариация выхода и номера длинного волокна соответственно на 63–84 и 42–85% причинно обусловлена вариацией плотности лент разостланной соломы.

Изменение процентно-номера всего волокна в зависимости от плотности лент разостланной соломы описывается зависимостями, которые в графической интерпретации являются обратно интегральными кривыми с двумя асимптотическими значениями результативного признака с точкой симметрии кривых по оси абсцисс, что приходится на плотность ленты соломы в пределах 1500–2000 *шт./м*.

С повышением плотности расстила на 1000 *шт./м* прочность волокна возрастает на 0,12–0,45 *даН*, а гибкость и метрический его номер снижаются соответственно на 0,05–1,2 *мм* и 7,2–14,7 *единиц*. Расчетная добротность пряжи при этом снижается на 0,18 и 0,22 *км*. В случае прогнозирования изменения расчетной добротности пряжи $P_{дп}$ от плотности лент разостланной соломы по спадающим степенным или гиперболическим зависимостям, уменьшение $P_{дп}$ значительно замедляется с повышением плотности расстила свыше 2000 *шт./м*.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Afonin M.I. 1969. Vysokourozhainyi lyon i kombainy / M.I. Afonin, N.G. Korensky // Lyon i konoplya. – No. 6. – 20–21.
2. Didora V.G. 2008. Agroekologichne obgruntuvannya tekhnologii vyrobnytstva produktsii lyonu–dovguntsya v Polissi Ukrainy: monograph / Didora V.G. – Zhytomyr: Vyd-vo DVNZ «Derzh. agroekolog. un-t». – 411.
3. Dospekhov B.A. 1960. Izmeneniye kachestva volokna pri sushke i rasstile lna na Inishchah / B.A. Dospekhov // Moskov. ordena Lenina s.–kh. akad im. K.A. Timiryazeva: biologiya i rasteniyevodstvo: dokl. TSKhA. – Vol. 59. – 91–97.
4. Dospekhov B.A. 1960. O kachestve volokna pri sushke i rasstile solomki na Inishche / B.A. Dospekhov // Lyon i konoplya. – No.6. – 18–20.
5. Dyukov G.F. 1947. Agrotehnika i pervichnaya obrabotka lna v Zapadnoy Sibiri / G.F. Dyukov, T.T. Vylesov – Novosibirsk: Novosibgiz. – 80.
6. Goryachkin V.P. 1968. Obshchaya schema protsessov: Sobraniye sochineniy: v 3 t. / V.P. Goryachkin. – M.: Kolos. – T. 1. – 608–645.
7. Karpets I.P. 1978. Oborachivaniye lenty povyshayet kachestvo tresty / I.P. Karpets, V.S. Likhman // Lyon i konoplya. – No. 8. – 14–15.
8. Korensky N.G. 1967. Issledovaniye sushki, tolshchiny rasstila i perevorachivaniya solomki pri vylezhke na lnyshche v usloviyah Belorusskoi SSR: avtoref. dis. na soiskaniye uchen. stepeni kand. s.–kh. Nauk: spets. 06.538 «Rasteniyevodstvo» / N.G. Korensky. – Zhodino. – 27.
9. Kovalyov V.B. 1978. Sovershenstvovat' metody opredeleniya tekhnologicheskikh svoistv volokna v selektsii lna / V.B. Kovalyov, Ye.N. Kozyakova // Lyon i konoplya. – No. 8. – 22–24.
10. Lyon-dovgunets 2006. Terminy ta vyznachennya ponyat': DSTU: 2006. – [Chynnyi vid 2006-09-01]. K.: Derzhspozhyvstandart Ukrainy. – 46.
11. Makarov V.V. 1950. Pervichnaya obrabotka lna / Makarov V.V. –M.: Selkhozgiz. – 176.
12. Makayev V., Vasylyuk V. 2013. Tekhnologicheskiye aspekty proizvodstva lnyanogo volokna / V. Makayev, V. Vasylyuk // MOTROL. Commission of Motorization and

РОСЯНАЯ МОЧКА ЛЬНОСОЛОМЫ КАК ФАКТОР БИОЛОГИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ВОЛОКНА

- Energetics in Agriculture. – Lublin, Vol.15, – No. 4. – 23–28.
13. Nalobina O.O. 2010. Doslidzhennya vlastyvostei nasinnyevykh korobochok lyonodovguntsya // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – Lublin. – Vol. 12. – 135–139.
14. Pisarchik A.V. 1970. Ob optimalnoi shirine zakhvata terebilnoho apparata / A.V. Pisarchik // TsNIIMESKh Nechernozemnoi zony SSSR: sb. nauchn. rabot aspirantov. – Minsk: Urozhai. – 185–192.
15. Piunovsky I.I. 1969. Issledovaniye tekhnologii razdelnoi uborki lna / I.I. Piunovsky, K.F. Terpilovsky, V.P.Klyavina // TsNIIMESKh Nechernozemnoi zony SSSR: trudy. – Minsk: Urozhai. – Vol. 6. – 142–151.
16. Surkov N.N. 1961. Kachestvo volokna pri rasstile solomki pereoborudovannym lnokombainom v lente razlichnoi tolshchiny / N.N. Surkov, M.D. Polezhayeva // Moskov. ordena Lenina s-kh. akad. im. K. Timiryazeva: biologiya i rasteniyevodstvo: dokl. TSKhA. – Vol. 62. – 75–82.
17. Vakhovskiy M. 1935. Rasstil i mochka lna / M. Vakhovskiy // Lyon i konoplya. – No. 9. – 16–17.
18. Vyrobnystvo lyonovolokna to yoho vykorystannya: monograph 2002. / I. P. Karpets, A.F. Skorchenko, L.A. Chursina et al.]. – K.: Nora-print. – 128.
19. Yaroshevich A.A. 1961. Obosnovaniye sistemy mashyn dlya kompleksnoi mekhanizatsii rabot po uborke i rasstilu lna / A.A. Yaroshevich, Ye.T. Kuchinsky //Belorus. In-t mekhanizatsii i elektrifikatsii s. kh.: tr. nauchn. konf. -- Minsk: Gos. izd-vo s-kh. literatury BSSR. – 261–267.
20. Yegorov M.Ye. 1976. Kombainovaya uborka i pervichnaya obrabotka lna-dolguntsa / Yegorov M.Ye. – M.: Rosselkhozizdat. – 122.
21. Yerofeyev A.A. 1946. Opyty po ratsionalizatsii mochki lna v Molotovskoi oblasti / A.A. Yerofeyev // Molotovskiy (Izhevskiy) gos. s-kh. in-t: trudy. – Molotov. – Vol. 10. – 3–103.
22. Zaluzhny V. 2004. Perspektyvni napryamki tekhnologiy ta rozrobki mashyn dlya pryhotuvannya i pidnimannya llyanoi tresty / V. Zaluzhny, O. Sidorchuk, Yu. Protsenko // Tekhnika APK. – No. 10–11. – 16–18.

DEW RETTING OF FLAX STRAW AS A FACTOR OF BIOLOGICAL PRODUCTION OF FIBER

Summary. From several methods of flax straw processing the most ecologically safe, the least power consuming and economically feasible is dew retting which is a biological method of flax straw preparation on the flax field. In the investigation the density of flax straw spread in the strip was changed from 500 to 4,000 and 5,000 stems per one meter of its length with an interval of 500 units per meter. We have determined the change in the output and count of the long fiber from dew retting flax straw received under different density strips of spread flax straw. We have also investigated the influence of the density of strip spreading on the sum of percent-counts of long and short fibers, strength, flexibility and metric fiber count as well as the estimated soundness of yarn. The obtained qualitative relationships have been worked up and explained on the basis of dispersion as well as correlation-and-regression analyses.

Key words: fiber flax, straw, strip, flax straw, fiber, output, quality, count, instrument estimation.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОГО КЛАПАНА ВОЗДУШНОЙ МАГИСТРАЛИ ЭНЕРГОЗБЕРЕГАЮЩЕГО ДОИЛЬНОГО АППАРАТА

Мирон Магац, Валерий Сиротюк, Олексій Нищенко, Сергей Сиротюк
Львовский национальный аграрный университет, Украина
Myron Magats, Valery Syrotyuk, Olexiy Nischenko, Serhiy Syrotyuk
Lviv National Agrarian University, Ukraine

Аннотация. В статье приведены результаты теоретических исследований движения воздуха и молочно – воздушной эмульсии в вакуумной магистрали энергосберегающего доильного аппарата и его воздействия на предохранительный клапан.

Ключевые слова: вакуумная магистраль, сиффон, клапан, воздушно-молочная эмульсия, энергосберегающий доильный аппарат.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В процессе работы энергосберегающего доильного аппарата [17], в зависимости от режима молокоотдачи, возможно попадание молока в сиффон, который создает вакуумметрическое давление. Это может привести к снижению амортизационного периода доильного аппарата, а также загрязнению молока.

Одним из путей решения этого вопроса является применение специального приспособления, которое будет реагировать на присутствие в потоке эмульсии молока, что позволит в процессе работы закрывать магистраль.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В настоящее время в научно–технических информационных источниках есть ряд работ, в которых исследовано движение воздуха в вакуумных трубопроводах доильных аппаратов [1-14].

Глубокого анализа движения молочно–воздушной эмульсии в магистралях системы: вакуумный насос – подвесная часть доильных аппаратов недостаточно раскрыта [4].

ПОСТАНОВКА ЗАДАНИЯ

Для обоснования параметров предложенного предохранительного клапана необходимо провести исследование изменения скорости движения воздушно–молочной эмульсии, вакуумметрического давления и силы воздействия на него в зависимости от времени в процессе работы энергосберегающего доильного аппарата в такте – "отдыха" [17].

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

В процессе работы доильного аппарата [4] с изменяющейся молокоотдачей во времени, возможна ситуация переполнения подсосковых камер доильных стаканов и поступление молока в сиффон. Это приводит к загрязнению молока вследствие наличия в сиффоне продуктов износа и других загрязнений.

Для предотвращения попадания молока в сиффон, предлагается установить предохранительный клапан (рис. 1), который позволяет пропуск воздуха (в обеих направлениях) при нормальном режиме работы и закрытия его при поступлении молока, вследствие его значительно большей плотности.

Для обоснования параметров клапана, которые обеспечивают его корректную работу, рассмотрим процесс перетекания воздуха через пространство клапана и его взаимодействие с подвижной частью.

С учетом того, что во время работы системы: сиффон, подсосковые камеры, трубки, масса воздуха остается постоянной, выполняется равенство:

$$\rho_1 V_1 = \rho_2 (V_0 + V_2) = \rho_{амм.} (V_1 + V_0), \quad (1)$$

где: ρ_1 , ρ_2 – плотность воздуха в камерах, трубках и сиффоне соответственно; $\rho_{амм.}$ –

плотность воздуха при нормальных условиях; V_1 – объем подсковых камер и трубок; V_0 – объем камеры сиффона при нижнем положении кривошипа; V_2 – переменный объем сиффона.

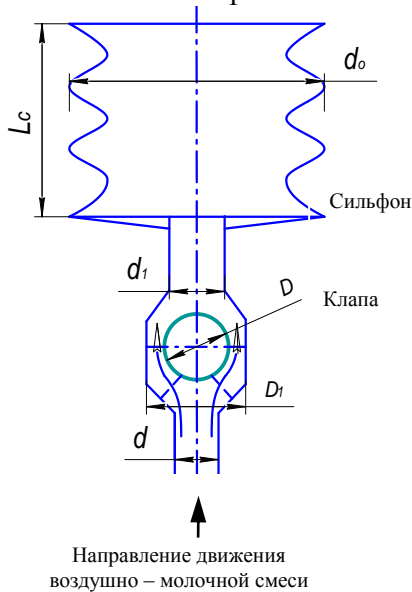


Рис. 1. Схема устройства с сиффоном

Fig. 1. Scheme Device with bellows

Кроме того, что во время работы системы выполняется соотношение Клапейрона – Менделеева [7]:

$$P_1 V_1 = \frac{m_1}{\mu} RT, \quad (4)$$

$$P_2 (V_0 + V_2) = \frac{m_2}{\mu} RT, \quad (5)$$

где: P_1 , P_2 – давление воздуха в подсковой камере и сиффоне; m_1 , m_2 – массы воздуха соответственно; R – универсальная газовая постоянная ($R=8,32$ Дж/(град.·моль); M – масса моля воздуха; T – абсолютная температура воздуха; P_1 , P_2 – давление воздуха в подсковой камере и сиффоне.

Чтобы определить, как давление и плотность изменяется в зависимости от времени в период работы системы, возьмем производную по времени от первого равенства (4)

$$\frac{dP_1}{dt} \cdot V_1 = \frac{dm_1}{dt} \cdot \frac{RT}{\mu}. \quad (6)$$

Тогда масса m_1 определится:

$$\frac{dm_1}{dt} = -\rho_1 \cdot u_1 \cdot A, \quad (7)$$

где: A – площадь отверстия (сечения вакуумной трубки), которая соединяет

камеру и сиффон; u_1 – скорость перехода воздуха из трубки в сиффон.

При адиабатическом движении воздуха:

$$u_1 = \sqrt{\frac{2k}{k-1} \cdot \frac{P_1}{\rho_1} \cdot \left(1 - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right)}, \quad (8)$$

где: κ – показатель адиабаты воздуха, $\kappa = 1,4$.

Учитывая равенства (1), (4), давление P_2 можно выразить через P_1 , а именно:

$$P_2 = \frac{P_{атм} \cdot (V_1 - V_0) - P_1 \cdot V_1}{V_0 + V_2}. \quad (9)$$

Подставив (4), (7) – (9) в (6), получим дифференциальное уравнение для определения $P_1(t)$:

$$\frac{dP_1}{dt} = -\frac{A \cdot P_1}{V_1} \sqrt{\frac{2k \cdot H}{k-1} \left(1 - \left(\frac{P_{атм} \cdot (V_1 + V_0) - P_1 V_1}{P_1 (V_0 + V_2)}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right)}. \quad (10)$$

Это уравнение нужно решить численными методами, при начальных условиях: при $t = 0$, $P_1 = P_{атм}$; $0 \leq t \leq \pi / \omega$.

Зная $P_1(t)$, по формулам (9) и (8), можно найти $P_2(t)$ и $u_1(t)$. На (рис. 2, 3) изображены зависимости скорости движения воздуха и вакуумметрического давления во времени в корпусе клапана.

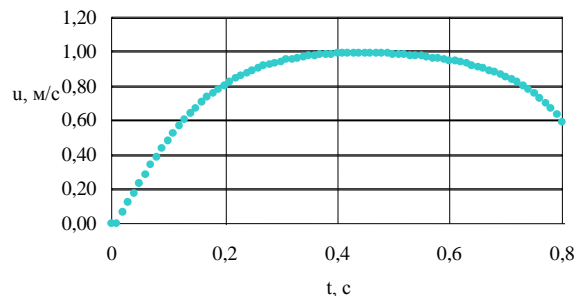


Рис. 2. График зависимости скорости движения воздуха $u_1(t)$ в корпусе клапана

Fig. 2. Speeds Schedule dependence of air movement $u_1(t)$ in the valve body

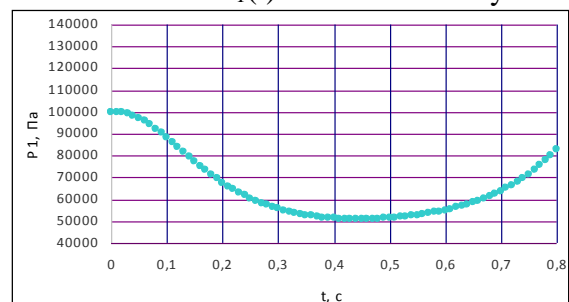


Рис. 3. График зависимости вакуумметрического давления $P_1(t)$ в корпусе клапана

Fig. 3. Schedule dependence vacuummet pressure washers $P_1(t)$ in the valve body

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОГО КЛАПАНА ВОЗДУШНОЙ МАГИСТРАЛИ ЭНЕРГОБЕРЕГАЮЩЕГО ДОИЛЬНОГО АППАРАТА

Найдем равнодействующую сил действия воздушного потока на шариковый клапан диаметром d (рис. 4).

Для этого используем теорему об изменении количества движения механической системы:

$$m_1 \vec{u}_2 - m_1 \vec{u}_1 = \vec{P} \cdot dsdt, \quad (11)$$

где: $m_1 = \rho_1 \cdot u_1 \cdot ds \cdot dt$,

dS – элементарная площадь на поверхности шарикового клапана.

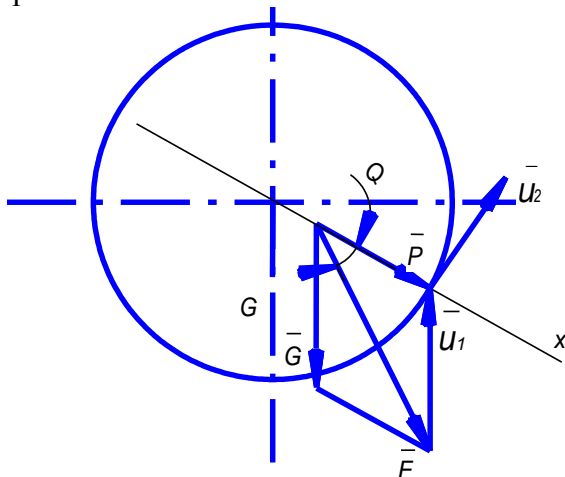


Рис. 4. Расчетная схема действия сил на шариковый клапан

Fig. 4. Diagram of the forces on the ball

Проектируем равенство векторов на радиальное направление (ось X)

$$-\rho_1 \cdot u_1 dsdt \cdot u_1 \cos \theta = -P dsdt \quad (12)$$

Отсюда находим давление, распределенное на половине поверхности шарикового клапана:

$$P = \rho_1 \cdot u_1^2 \cos \theta, \quad (13)$$

При $0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}$

Определим равнодействующую сил давления, как

$$F = \iint_s P \cdot \cos \theta ds = \rho_1 u_1^2 \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos^2 \theta \cdot \frac{d}{2} \cdot 2\pi \cdot \frac{d}{2} \cdot \sin \theta d\theta \quad (14)$$

Вычислив интеграл, окончательно получим равнодействующую, которая также изменяется во времени:

$$F = \frac{\pi d^2}{6} \cdot \rho_1 \cdot u_1^2 \quad (15)$$

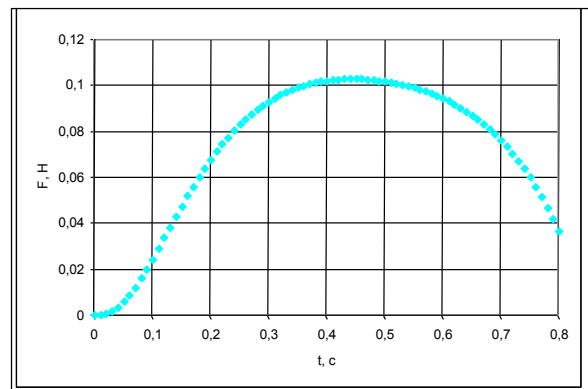
Чтобы шариковый клапан не поднимался при движении воздушного потока, его сила,

действующая на клапан должна быть F_{max} , то есть $mg = F_{max}$.

Если же в шланге начнёт поступать молоко, тогда ρ_1 резко возрастает, соответственно и возрастает сила F , которая поднимет шариковый клапан и закроет отверстие в сильфоне.

На (рис. 5) изображена зависимость силы подъёма шарикового клапана воздушно-молочной эмульсией, которая поступает в корпус клапана.

Условие равновесия давление потока молока и массы шарикового клапана равно:



$$mg = \frac{\pi d^2}{6} \cdot \rho_1 \cdot u_1^2, \quad (16)$$

Тогда, масса шарикового клапана определится:

$$m = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot \frac{d^3}{8} \cdot \rho_k, \quad (17)$$

где: ρ_k – плотность материала шарикового клапана; d – диаметр шарикового клапана.

Рис. 5. График зависимости силы подъёма шарикового клапана $F(t)$ в корпусе клапана

Fig. 5. Schedule dependence vacuumment pressure washers $P_1(t)$ in the valve body

Подставив значения из (17) в (16), получим:

$$\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot \frac{d^3}{8} \cdot g \cdot \rho_k = \frac{\pi d^2}{6} \cdot \rho_1 \cdot u_1^2. \quad (18)$$

Из (18), определим:

$$\rho_k = \frac{\rho_1 \cdot u_1^2}{g \cdot d}. \quad (19)$$

Отсюда найдем диаметр шарикового клапана:

$$d = \frac{\rho_1 \cdot u_1^2}{g \cdot \rho_k}. \quad (20)$$

Так, для стали $\rho_k = 7200 \text{ кг/м}^3$ и скорости $u = 1 \text{ м/с}$,

$$d = \frac{1021 \cdot 1^2}{7200 \cdot 9,8} = 0,0145 \text{ м.}$$

Выражение (20) получено из предположения о ламинарном потоке жидкости, отсутствии гидроудара, а также непопадания молока в сильфон при условии, что скорость u_1 имеет максимальное значение.

ВЫВОДЫ

Изложенная методика обоснования параметров предохранительного шарикового клапана позволяет определить его геометрические и массовые параметры с учетом работы в условиях изменяющейся интенсивности молокоотдачи для предотвращения попадания молока в камеру сильфона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. А. с. N. 1507265 SSSR, МКI А 01 J 5/04. Doil'nyy apparat / V.F. Uzhik, S.G. Perelygin, V.V. Solov'yev (SSSR). N. 4221069/30-15; zayavl. 06.04.87; opubl. 15.09.89, Byul. № 24.
2. А. с. N. 594932 SSSR, МКI А 01 J 5/04. Doil'nyy apparat / V.F. Korolev (SSSR). – N.2163305/30-15; zayavl. 24.07.75; opubl. 02.11.77, Byul. № 18.
3. А.с. 1547785 SSSR, МКI А 01 j 5/04. Doil'nyy apparat / V.N. Syrotyuk, G.P. Zhalovaga (SSSR). – № 4196184/30–15; zayavl. 17.02.87; opubl. 07.03.90, Byul. № 9.
4. Angilev O.G. Transportirovka moloka po trubam / O.G. Angilev, K.K. Galaov, YU.N. Kovalev. – М.: TSNITEI V/O Soyuzsel'khoztekhnika, 1971. – 60.
5. Anur'yev I.V. Spravochnik konstruktora-mashinostroitelya: V 3 t. T. 3.– 8 izd. pererab. i dop. Pod red. Zhestkovoy I.N. / I.V Anur'yev. – М.: Mashinostroyeniye, 1999. – 848.
6. Velitok I.G. Tekhnologiya mashinnogo doyeniya korov. / I.G. Velitok. – М.: Kolos, 1975. – 256.
7. Landau L.D. Teoreticheskaya fizika: Uchebnoye posobiye. V 10 t./ L.D Landau. – Т. 6: Gidrodinamika. – 3-ye izd., pererab. – М.: Nauka. Gl. red. Fiz – mat. lit.- 1986. – 736.
8. Shushlyakov D.O. Tekhnichna mekhanika ridin í gaziv. – Kharkiv: KHNAMG, 2006. – 78.
9. Al'tshul' A.D., Kiselev P.G. Gidravlika i aerodinamika. – М.: Gosstroyizdat. 1975. – 273.
10. Al'tshul' A.D., Kalitsun V.I. Gidravlicheskiye soprotivleniya truboprovodov. – М., 1964. – 255.
11. Magats M.I. Doslidzhennya protsesu vitikannya moloka z odnokamernogo doil'nogo stakana iz perepusknim klapanom / M.I. Magats // Visnik L'vivs'kogo natsional'nogo universitetu: Agroinzhenerni doslidzhennya. – 2013. – №17. – 209 – 215.
12. Mashinovikoristannya u tvarinnitství: navch. posib. / Dmitriv V.T., Nosov YU.M., Sirotyuk V.M. ta in.; za red. V.T Dmitriva. – L'viv: Magnoliya plyus, 2004. – 252.
13. Mel'nikov S.V. Mekhanizatsiya i avtomatizatsiya zhivotnovodcheskikh ferm: uchebnik dlya vyssh. s-kh. ucheb. zavedeniy / S.V. Mel'nikov. – Leningrad: Univ. kn., 1978. – 560.
14. Nazin A.A. Razrabotka i obosnovaniye konstruktivno-rezhimnykh parametrov doil'nogo apparata s upravlyayemym rezhimom doyeniya: avtoref. dis. na soiskaniye uchenoy stepeni kand. tekhn. nauk / A.A. Nazin. – Orenburg, 2004. – 22.
15. Pat.33024,Ukraine, MPK(2006) A01J 5/00. Doil'niy apparat / Magats M.I., Syrotyuk V.M., Syrotyuk S.V.; zayavnik ta patentovlasnik L'viv. nats. agr. un-t. – № u200801045; zayavl. 29.01.2008; opubl. 10.06.2008, Byul. №11.
16. Syrotyuk V.M. Mekhanizatsiya doinnya koriv: navch. posib. / V.M Syrotyuk. – L'viv: LDSGI, 1995. – 98.
17. Syrotyuk V.M. Obgruntuvannya parametriv resursooshchadnogo doil'nogo aparata z odnokamernimi doil'nimi stakanami / V.M. Syrotyuk, S.V. Syrotyuk, M.I. Magats // Visnik L'vivs'kogo natsional'nogo agrarnogo universitetu: Agroinzhenerni doslidzhennya. – 2008. – №12. – 534–537.
18. Shchukin S.I. Effektivnyy doil'nyy apparat / S.I. Shchukin, V.L. Avanesov, I.Ye. Petrov // «Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva»: teoreticheskyy i nauchno – prakticheskyy zhurnal. – 2012. – №4. –12–13.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОГО
КЛАПАНА ВОЗДУШНОЙ МАГИСТРАЛИ ЭНЕРГОЗБЕРЕГАЮЩЕГО ДОИЛЬНОГО
АППАРАТА

19. Lavrivs'kiy Z.V., Mandrus V.Í. Tekhnichna mekhanika ridin ta gaziv. Navchal'niy posibnik – L'viv: SPOLOM, 2004. – 191.

20. Chernyy G. G. Gazovaya dinamika: Uchebnik dlya universitetov i vtuzov. – M.: Nauka. Gl. red. fiz.-mat. lit., 1988. – 424.

**THEORETICAL RESEARCH OF
WORKING AIR MAGISTRAL SAFETY
VALVE ENERGY EFFICIENT MILKING
MACHINES**

Summary. In the article the results of theoretical investigations of the motion of air and milk - air emulsion in the vacuum line of energy-efficient milking machine and its impact on the safety valve.

Key words: vacuum pipe, bellows, valves, air-oil emulsion, energy-saving milking machine.

ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ВИБРОКОНВЕЙЕРНОЙ МАШИНЫ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ РАБОЧИХ ОРГАНОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Игорь Паламарчук, Вадим Драчишин, Владислав Паламарчук
Винницкий национальный аграрный университет, Украина
Igor Palamarchuk, Vadym Drachyshyn, Vladyslav Palamarchuk
Vinnitsa National Agrarian University, Ukraine

Аннотация. Для современного производства среди методов, обеспечивающих значительное повышение производительности и качества технологической действия, можно отметить улучшение согласованности технологического цикла и использования направленного вибрационного действия. Поэтому в настоящее время является перспективной тенденция к взаимному сочетание данных технологических направлений, выражается в создании конвейерных вибрационных машин.

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 повышения поверхности теплообмена, циклического изменения динамической нагрузки в частности при микронаклёпе. При этом основными проблемами остаются обеспечение механизации выделения обработанных деталей из массы рабочего наполнителя при условии сохранения непрерывности обработки и высокой производительности выгрузки изделий. Математическое обоснование необходимых для этого структурных элементов конвейерной вибромашины представлены в данной статье.

Ключевые слова: конвейерная вибромашина, рабочий наполнитель, виброупрочнение, свободно

гранулированная среда, выгружающее приспособление.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Создание благоприятных условий для интенсификации процесса производства и применения эффективных методов воздействия на его объект; непрерывная реализация технологического движения; уменьшение и устранение вообще использования непроизводительного труда; в частности при осуществлении вспомогательных операций; управления динамическим состоянием системы, в которой происходит технологическое действие; многофункциональность технологического процесса и гармоничное сочетание его основных структурных составляющих составляют, в основном, тенденции развития технического прогресса в отраслях агропромышленного комплекса. Среди машин, удовлетворяющих данным свойствам, можно выделить вибрационные технологические машины конвейерного типа. Подобные машины сочетают две, относительно независимые и, по сути, взаимосвязаны технологические действия – использование возможностей «вибрационного поля» и поточной формы организации производства.

Использование в технологии восстановления рабочих органов почвообрабатывающей сельскохозяйственной техники методов поверхностного пластического деформирования [1] является высокоэффективным средством уменьшения шероховатости поверхности, образования в поверхностном слое деталей остаточного напряжения сжатия, повышение поверхностной твердости, усталостной прочности и износо-стойкости, что в общем

приводит к значительному повышению ресурса и надежности изделий в целом.

Совокупность целевых действий рабочих машин, входящих в автоматические системы и обеспечивают высшую форму непрерывности, в общем случае содержат [2]:

—установку или крепления и регулировки положения предмета обработки;

—перемещения деталей в рабочую зону, возможно с ориентацией потока;

—основная технологическая обработка деталей или рабочее движение;

—удаления предметов обработки с рабочей зоны и перемещения их для дальнейшего технологического воздействия или в тару для готовых изделий.

Выполнение всего производственного процесса машинами непрерывного действия представляет собой лишь необходимую предпосылку для осуществления автоматизации работы технологического оборудования. При создании эффективных автоматических линий важно поставить условия, определяющие экономическую целесообразность для перехода к более высокому уровню непрерывности. Обеспечение достаточно высокой производительности определяются не особенностями технологических процессов, а способом их выполнения, что обуславливается свойствами технологических машин.

Совокупность приведенных выше технологических движений и пропорциональность между ними определяют способ выполнения производственного процесса. При этом каждому способу выполнения технологического процесса присущи две

качественно различные по своему назначению функции:

—функция перемещения предмета обработки, то есть транспортная функция;

—функция технологического воздействия на предмет обработки, то есть, технологическая функция, которая содержит установку регулировки положения, захват, извлечение предмета обработки и собственно рабочее влияние на него.

Противоположность технологических и транспортных действий проявляется не только в их разном функциональном назначении, но и в различных требованиях, что к ним предъявляются. Основным требованием для транспортного действия является обеспечение минимального времени прохождения предмета обработки через рабочую зону, то есть достижение максимальной скорости потока изделий. Иными словами, оптимальным для транспортировки всегда будет такое положение предметов обработки, которое при заданной скорости обеспечивает максимальную пропускную способность потока, соответствующей максимальной производительности оборудования. При этом идеальным является расположение наибольшей плотности в направлении потока наименьшими размерами деталей. Технологические же действия имеют целью изменение свойств предмета обработки. Это характеризуется, в общем случае, вполне определенными скоростями рабочих и вспомогательных движений и чаще требуют определенного расположения предметов обработки в потоке изделий. Рассмотренные противоречия определяют сущность различных способов выполнения технологических процессов.

ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ВИБРОКОНВЕЙЕРНОЙ МАШИНЫ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ РАБОЧИХ ОРГАНОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

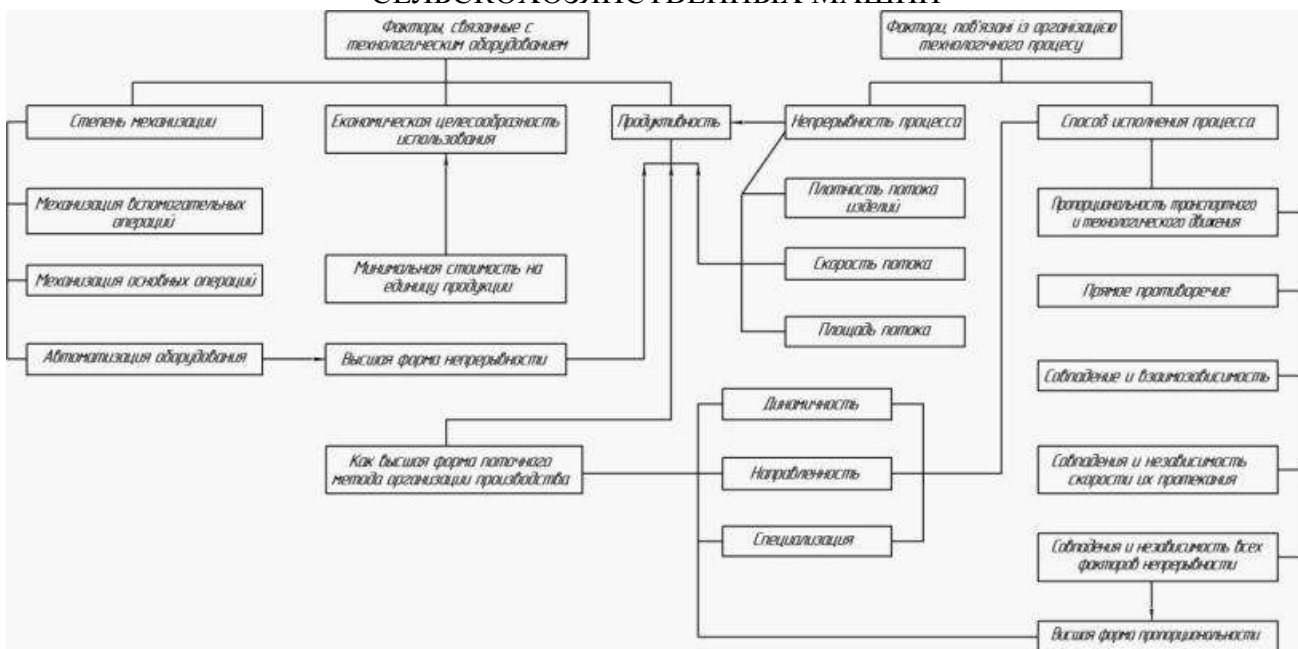


Рис. 1. Факторы, которыми обусловлена эффективность использования технологического оборудования

Fig. 1. Factors which caused efficient use of technological equipment

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Развитие вибрационных конвейерных машин ведет начало с волновых и вибрационных конвейеров, выполняющие только транспортные функции. фундаментальные работы И.И. Блехмана, И.Ф. Гончаревича, Г.Ю. Джанелидзе, В.О. Повидайла, В.М. Потураева, Р.И. Силина, А.О. Спиваковского, В.Н. Франчука, К.В. Фролова, А.Г. Червоненко [3, 6, 7, 8, 16] и других ученых обосновывают теоретические основы процесса виброперемещения и конструктивные схемы вибро-транспортных машин. Вместе с перемещением сопутствующая обработка продукции уже осуществляется в вибрационных транспортно-технологических машинах. В дальнейшем технологическая обработка продукции развивается по двум направлениям: в машинах с жесткой и свободной кинематической связью между инструментом и объектом действия [4].

Высшим формам технологического совершенства для машин с жесткой связью между инструментом и деталями соответствуют роторные и роторно-

конвейерные машины, которые достаточно подробно были проанализированы в работах Кошкина Л.Н. [7]. Машины со свободной кинематической связью между инструментом и деталями развиваются от галтовочных установок, винтовых роторов к вибрационным технологическим машин. Большой вклад в разработку таких машин сделали такие известные ученые как А.П. Бабичев, И.Е. Бурштейн, И.Ф. Гончаревич, Б.Н. Карташев, И.В. Политов, Ю.М. Самодумский, Г.В. Серга, А.П. Субач и другие. Дальнейшее совершенствование данного оборудования идет по пути развития многофункциональных машин непрерывного действия. Под руководством А.П. Бабичева разрабатывается а внедряется в производство ряд вибрационных технологических машин для многостадийной обработки деталей. Также при участии известных украинских ученых, в частности И.С. Афтаназива, П.Д. Денисова, В.В. Джемелинского, В.М. Мороза, В.О. Повидайла, Л.И. Сердюка, А.П. Сергиева, Р.И. Силина, М.Ю. Шаинского [3, 13] разрабатывается целая серия вибромашин непрерывного действия, заключаются теоретические основы

их проектирования. И в качестве наиболее совершенного среди конвейерных технологических вибромашин выступают многофункциональные автоматизированные вибрационные линии. Среди самых известных зарубежных фирм, занимающихся разработкой данного оборудования, можно выделить «Pangborn Co», «Lorco», «Roto-Finish», «Walter Trowal», «Lacromatic», «Wibral», «Almco», «Sweco Vibronege» и другие. В странах бывшего Советского Союза весомые результаты в области исследования и конструирования автоматизированных вибрационных машин непрерывного действия достигнуты учеными и конструкторами ЭНИМС (г. Москва), ДГТУ (г. Ростов-на-Дону), ЛСГУ (г. Луганск), ДТУ «ЛП» и НПО «Свитанок» (г. Львов), ВНАУ (г. Винница) и другими организациями.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Исследуемая конвейерная вибрационная машина (рис. 2) представляет собой сочетание вибратора с механическим способом возбуждения колебаний и ленточного конвейера. При этом вибровозбудитель состоит из двух боковых дисков, соединенных между собой втулкой, внутри которой размещается приводной вал. Гибкий элемент ленточного конвейера охватывает боковые диски вибратора. При таком размещении основных узлов вибромашины рабочая камера установки образуется, с одной стороны, боковыми дисками вибратора и, с другой – поверхностью ленты конвейера. Такая компоновка обуславливает простоту конструкции машины и размещения источника вибрации в центре и с боковых сторон рабочей камеры. А это тем более благоприятно, поскольку при передаче вибрационного воздействия от боковых поверхностей вибратора в центральной области рабочей камеры так называемые «застойные зоны» практически отсутствуют взаимное перемещение абразивной массы и обрабатываемых деталей [15, 17, 18].

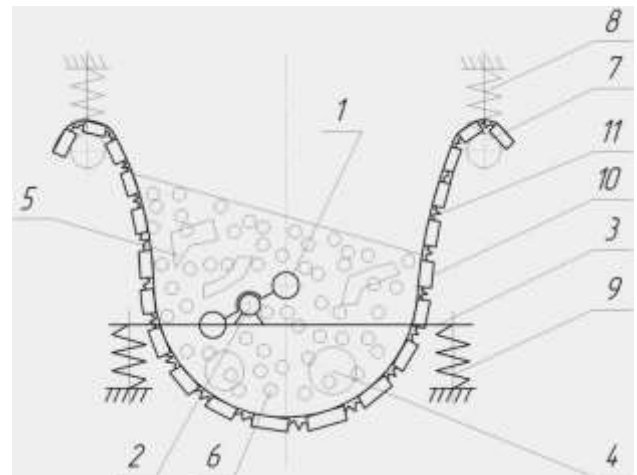


Рис. 2. Проектируемая машина:
1 – ось рабочего контейнера; 2 – приводной вал кинематического вибровозбудителя; 3 – платформа; 4 – деталь в виде диска; 5 – деталь в виде криволинейной лопасти; 6 – рабочие шары; 7 – подвесной стержень; 8 – упругий элемент стержня; 9 – упругий элемент платформы; 10 – металлизированная вставка; 11 – упругий элемент металлизированной вставки.

Fig. 2. Engineered Machine:

1 – axis of the working container; 2 – kinematic drive shaft vibration exciter; 3 – platform; 4 – detail in the form of a disk; 5 – item in a curved blade; 6 – Working balls; 7 – hanging rod; 8 – a resilient rod member; 9 – a resilient element of the platform; 10 – metallic insert; 11 – elastic member metallized paste.

Специфика проектируемой машины заключается в наличии гибкой направляющей, образующей днище рабочей камеры установки, что отражается и на поведении свободно-гранулированной рабочей среды.

При использовании в качестве рабочей среды стальных шариков угол наклона гранулированной массы, а также интенсивность его изменения оказывается в несколько раз меньше, чем в случае использования абразивной керамики, объясняется различной инертностью масс наполнителя.

Конструкция проектируемой конвейерной установки ограничивает степень загрузки виброконтейнера рабочей средой, так как возникает возможность проникновения гранулированного напол-

ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ВИБРОКОНВЕЙЕРНОЙ МАШИНЫ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ РАБОЧИХ ОРГАНОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

нителем через зазор между боковыми дисками вибратора и направляющей лентой.

Таким образом, рассматриваемая компоновка вибровозбудителя позволяет уменьшить объем «застойных зон» и тем самым способствует интенсификации процесса обработки деталей. Направляющая часть установки включает бесконечную ленту, которая опирается на систему опорных катков, один из которых является ведущим и имеет отдельный привод. Для осуществления подвода – отвода жидкости и ее регенерации предусматривается система циркуляции жидкости в машине, которая содержит поддон, трубопроводы, фильтр и бак – отстойник. Корпус установки представляет собой сварную конструкцию, собранную из набора стандартных металлических изделий.

В предлагаемой конструкции вибромашины, в отличие от ее прототипа и аналогов, можно выделить следующие особенности:

—благодаря механическому приводу ленты при бесступенчатом изменении ее скорости осуществляется более гибкое реагирование на требования технологического процесса при обработке различных деталей;

—применение дополнительного контейнера с системой подвода – отвода охлаждающей жидкости позволяет осуществить «мокрый» процесс обработки деталей с целью повышения его интенсификации и уменьшения степени стирания абразивного материала;

—благодаря возможности регулировки скорости перемещения транспортирующей ленты создаются благоприятные условия для обеспечения автоматизированного процесса обработки деталей;

—конструкция подпружиненных опорных узлов обуславливает простую регулировку натяжения направляющей ленты и возможность использования рабочей среды с высоким удельным весом;

—использование резиновых упругих элементов вместо пружин позволяет значительно снизить уровень шума при работе установки;

—наличие дополнительного опорного катка облегчает процесс перегрузки обрабатываемых деталей;

—использование выгружающих приспособлений, закрепленных на ленте, обуславливает возможность обработки деталей «навалом».

При проектировании направляющей части установки за основу используем элементы наиболее распространенного из конвейеров – ленточного. Основной конструктивной частью подобного конвейера является гибкая лента, которая как самый дорогой элемент, требует высоких начальных капитальных затрат, а также дополнительных расходов при полной или частичной замене в случае повреждения в процессе эксплуатации конвейера.

Прорезиненные ленты по составу могут быть резинотканевыми и резинотросовыми. Тканевые прокладки изготавливают из комбинированного полиэфирного хлопкового или синтетического волокна, состоящее из полиамидных или полиэфирных нитей. Недостатком резинотканевых лент является значительное удлинение их под нагрузкой, достигающей 3–4% [3, 17, 18]. Резинотросовые ленты состоят из стальных тросов, покрытых с обеих сторон резиной, в которой завулканизованы тканевые прокладки, обеспечивающие прочность ленты в поперечном направлении, устойчивость к ударным нагрузкам на пробой и каркасность т.е. необходимую изгибную жесткость в поперечном направлении.

Как показал эксперимент, во время загрузки проектируемой конвейерной вибрационной машины относительно тяжелой рабочей средой стальными шариками, например, используемая резиновая лента имеет значительный прогиб и нежелательную желобчатость в среднем сечении. Поэтому на виброустановке рекомендуется использовать резинотросовые ленты, при необходимости, оцинкованные стальными прутьями, расположенными поперек движения конвейера.

В качестве опорных устройств для ленты используем стационарные ролики, обеспечивающие большой срок службы несущего органа и малое сопротивление его

передвижению. Одни катки установки жестко связаны с металлоконструкцией основания машины, а другие – соединены с корпусом через подпружиненную подвеску. Для обеспечения принудительного перемещения ленты один из катков является ведущим и имеет специальный привод.

Конструкция подпружиненной подвески позволяет с помощью регулировочных болтов создать необходимое натяжение гибкого органа. При этом необходимо обеспечить достаточно плотное прилегание ленты к направляющим кольцам боковых дисков вибратора для осуществления совместного движения дисков и ленты, а также создать необходимое сцепление между лентой и опорными роликами с целью предотвращения пробуксовки гибкого элемента. Расстояние между штырями подпружиненной опоры необходимо выбрать так, чтобы исключить просыпание рабочей среды через щель между дисками и лентой. При этом также целесообразно использовать пару дополнительных дисков большего диаметра.

Для реализации процесса обработки «навалом» с помощью проектируемой вибромашины необходимо использовать специальное устройство для извлечения обработанных деталей (продукции) из рабочей камеры установки. В настоящей работе предлагается два варианта подобных устройств.

Первый вариант приспособления представляет собой набор отдельных ковшей, жестко закрепленных на ленте (рис. 3). Основными факторами, определяющими размеры разрабатываемого устройства являются: размеры обрабатываемого материала; ширина направляющей ленты; размеры опорных катков; угол охвата лентой вибро-контейнера; размеры боковых дисков и внутренней втулки.

Так, ширина выгружающего устройства (рис. 3) зависит от ширины ленты:

$$B_B = B - 10 \dots 15 \text{ мм},$$

где B - ширина направляющей ленты.

Длину выгружающего устройства определяем из условия изъятия им всех загруженных деталей из рабочей камеры.

Объем рабочей камеры контейнера (рис. 4):

$$V_p = \frac{1}{4} \pi [D^2 - d^2] B. \quad (1)$$

Объем загрузки:

$$V_3 = \frac{1}{4} \alpha_3 \pi [D^2 - d^2] B, \quad (2)$$

где: α_3 – коэффициент загрузки, который определяется экспериментально для данного типа деталей.

Очевидно, что объем извлеченной ковшем продукции будет составлять:

$$V_k = V_{k1} \pi_1 = ahb \left[\frac{L}{l} + 1 \right]. \quad (3)$$

Для обеспечения изъятия всей продукции:

$$V_k = V_3 \Rightarrow L = \left[\frac{\alpha_3 \pi [D^2 - d^2] B}{4ahb} - 1 \right] l. \quad (4)$$

Для расчета длины выгружающего устройства необходимо определить величину его шага. Этот расчет выполняем исходя из конструктивных особенностей рабочей камеры и системы рабочих катков (рис. 4).

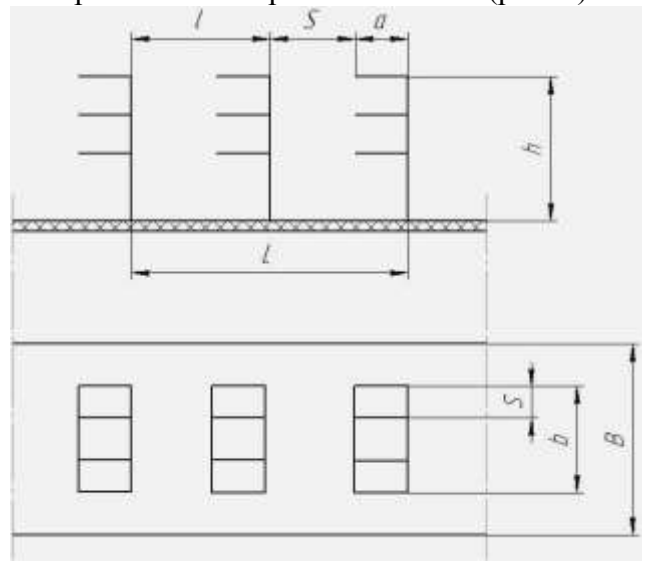


Рис. 3. Схема выгружающего приспособления в виде «ковшиков»

Fig. 3. Scheme discharging device as a «dipper»

При перемещении ковша через опорный каток важно не допустить высыпания обработанных деталей через образующиеся щели. Для этого при проектировании необходимо придерживаться следующих условий:

$$S < d_{\min}, \quad (5)$$

$$l < l_1,$$

где: d_{\min} – минимальный размер детали;

l – расстояние между ковшиками (рис. 3).

ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ВИБРОКОНВЕЙЕРНОЙ МАШИНЫ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ РАБОЧИХ ОРГАНОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

С рис. 3 видно, что: $l_1 = \pi R \beta / 180$
 $V = \gamma + \arctg[a/R + h]$.
 Предположив, что длина хорды ВС равна
 длине дуги ВС, можно записать:

$$\gamma = \frac{180 \cdot d_{\min}}{\pi(R + h)}. \quad (6)$$

Чтобы окончательно определить величину
 шага выгружающего устройства L ,
 необходимо рассмотреть кинематику
 перемещения приспособления внутри
 рабочей камеры (рис. 4).

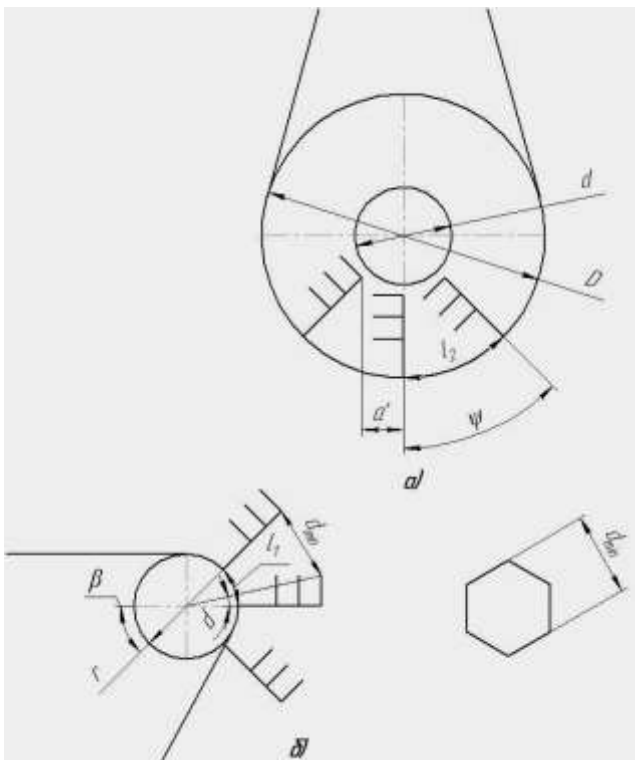


Рис. 4. Геометрические параметры
 выгружающего приспособления:

а – внутри рабочей камеры; б – на опорном
 катке

Fig. 4. Geometric parameters discharging device:
 a - within the working chamber; b - on the road
 wheels

При перемещении, выгружающего
 приспособления внутри рабочей камеры,
 существует возможность столкновения
 соседних ковша при нахождении их в нижней
 части рабочей камеры. Поэтому при
 конструировании выгружающего устройства
 нужно также учесть следующее условие:

$$l < l_2. \quad (7)$$

С рис. 4 видно, что:

$$l_2 = \frac{\pi D \psi}{360}, \quad (8)$$

где: $\psi = \arctg [(a + 5 \dots 10 \text{ мм}) / (d + 5 \dots \text{мм})]$ (9)

Учитывая размеры втулки, высота
 устройства составит:

$$h = \frac{[D - d]}{2 + S \dots 10 \text{ мм}}. \quad (10)$$

Второй вариант проектируемого приспособления
 представляет собой совокупность
 П-образных стержней 2 (рис. 5), жестко
 закрепленных на ленте 1. Последний
 стержень имеет перекладки 3 для
 исключения выпадения добытых деталей.
 Основными факторами, определяющими
 размеры разрабатываемого приспособления,
 являются: размеры обрабатываемых деталей;
 размеры опорных катков; угол охвата лентой
 виброконтейнера; размеры боковых дисков и
 внутренней втулки [9, 10, 11].

Аналогично предыдущей методике
 ширина выгружающего устройства зависит
 от ширины ленты:

$$V_B = B - 10 \dots 15 \text{ мм}.$$

Также, объем загрузки составляет:

$$V_3 = \frac{\alpha_3 \pi [D^2 - d^2] B}{4}, \quad (11)$$

$$V = Bhl.$$

$$V_0 = \frac{1}{4} \alpha_0 \pi [D^2 - d^2] B \alpha_3, \quad (12)$$

где: α_0 – коэффициент загрузки деталей в
 рабочей среде.

При полном изъятии деталей из рабочей
 камеры:

$$V = V_0 \Rightarrow L = \frac{\alpha_0 \alpha_3 \pi [D^2 - d^2] B}{4ahb}. \quad (13)$$

Из условия предотвращения выпадения
 обработанных деталей из выгружающего
 приспособления при извлечении их из
 рабочей камеры выбираются размеры l и S
 проектируемого устройства.

При этом очевидно, что $l < d_{\min}$

$$S < d_{\min}, \quad (14)$$

где: d_{\min} – минимальные размеры детали.

Также перемещение по опорному катку
 накладывает дополнительные условия при
 определении указанных кинематических
 параметров приспособления (рис. 6).

Так избежание выпадения деталей из приспособления при перемещении его по катку достаточно, чтобы

$$l < l_1 = \frac{\pi R \beta}{180}, \quad (15)$$

где: $\beta = 2 \arcsin[d_{\min}/2(R+h)]$.

Чтобы окончательно определить величину шага выгружающего приспособления (l), необходимо рассмотреть кинематику перемещения его внутри рабочей камеры. При этом перемещении возникает возможность столкновения соседних П-образных стержней при нахождении их в нижней части рабочей камеры в зависимости от диаметра стержней и бокового диска вибратора. Также очевидно, что высота выгружающего устройства определяется внутренними размерами рабочей камеры (рис. 6), то есть

$$h = \frac{[D - d]}{(2 - 5 \dots 10 \text{ мм})}. \quad (16)$$

Во избежание высыпания необходимо чтобы

$$l > l_2 = \frac{\pi D \gamma}{360}.$$

Таким образом, при реализации обработки «навалом» на проектируемой вибромашине используются специальные разгрузочные приспособления для извлечения деталей из рабочей среды. Эти приспособления жестко устанавливаются на поверхности направляющей ленты с помощью механических креплений. Обработку массивных, легко повреждаемых изделий, а также деталей, в которых требуется обрабатывать только определенные участки поверхности, целесообразно вести в закрепленном состоянии. Это часто требует значительного усложнения конструкции вибромашины [13, 14].

В частности, известно приспособление для вибрационной обработки, которое с целью повышения равномерности обработки, выполнено в виде размещенных под углом поворотных и фиксированных в выбранном угловом положении кронштейнов, первый из которых установлен на крышке контейнера, а второй снабжен базовым элементом для закрепления на нем обрабатываемой детали [3].

Также существуют вибромашины, в которых обрабатываемые детали типа дисков закрепляются на специальных цилиндрах и вместе с ними вводятся в рабочую камеру машины. При этом обрабатываемые детали могут двигаться по винтовой линии на поверхности цилиндров [5].



Рис. 5. Схема П-образного выгружающего приспособления

Fig. 5. Scheme U-shaped discharging device

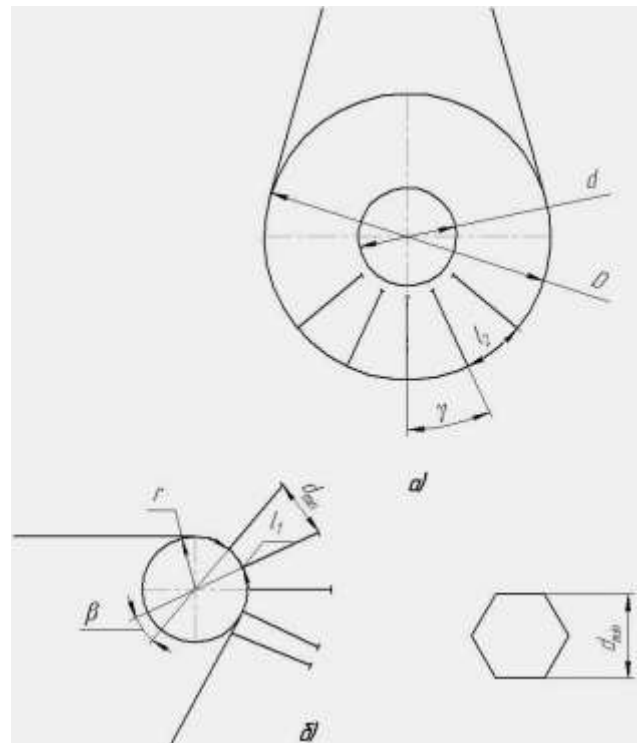


Рис. 6. Геометрические параметры выгружающего приспособления:

а – внутри рабочей камеры; б – на опорном катке

Fig. 6. Geometric parameters discharging device: a – within the working chamber; b – on the road wheels

С целью интенсификации процесса обработки путем обеспечения непрерывности процесса и сообщения обрабатываемым деталям планетарного движения также было предложено устройство для виброобработки, в котором поворотная колонка с шпиндельными головками установлена с возможностью вращения в центральной части

ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ВИБРОКОНВЕЙЕРНОЙ МАШИНЫ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ РАБОЧИХ ОРГАНОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

кольцевой камеры и снабжена приспособлениями, обеспечивая возвратно-поступательное перемещение шпинделей и их разворот относительно вертикальной оси [17].

Способ крепления обрабатываемых деталей на эластичной направляющей [2, 3, 5, 7, 16] позволяет эффективно осуществить извлечение деталей из рабочей среды и создать предпосылку для реализации автоматизированного процесса обработки. Однако введение транспортирующего элемента в конструкцию машины затрудняет ее и затрудняет регулирование рабочих режимов. Эти недостатки устраняются в проектируемой конвейерной вибро-машины и ее прототипе [1]. При этом используются механические и магнитные крепления, позволяющие закреплять обрабатываемые изделия жестко под разными углами к плоскости ленты, вращающимися по различным осям, или перемещающихся в определенном интервале и направлении.

ВЫВОДЫ

1. Известные схемы реализации конвейерной вибрационной технологии характеризуются тем, что наличие транспортирующего элемента значительно усложняет конструкцию машин и регулирования рабочих режимов.

2. Особенности исследуемой конвейерной вибромашины являются:

- простота конструкции за счет использования эластичной направляющей ленты в качестве днища рабочей камеры;

- легкость подключения к конвейерной линии и возможность автоматизации процесса обработки;

- возможность осуществления многостадийного процесса обработки деталей при сохранении простоты конструктивного исполнения.

3. Для реализаций представленной схемы вибрационной машины, предлагается использовать механический привод, соединяющие элементы вибровозбудителя с кинематическим комбинированным способом генерации колебаний.

4. Сформулированы основные геометрические характеристики выгружающих приспособлений, которые монтируются непосредственно на поверхности эластичной направляющей машины.

5. Обоснованы основные структурные составляющие исследуемой конвейерной машины, обеспечивающие непрерывность технологического и транспортного движения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Abramek K.F. Wpływ prędkości obrotowej na właściwości rozruchowe silników z zapłonem samoczynnym / K.F. Abramek // MOTROL Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa OL - PAN, 8, 5-11. – 2005.
2. Афтаназів І.С. Вібраційно-відцентрова зміцнювальна обробка деталей машин: Монографія / І.С. Афтаназів, П.С.Берник, Р.І. Сивак, О.Д. Клименко // Рекомендовано Вченою Радою Вінницького державного аграрного університету, протокол №1 від 26.09.2002р. – Вінниця: ВДАУ, 2002. – 235 с.
3. Берник П.С. Конвеєрні вібраційні машини для оздоблювально-зміцнювальної обробки / П.С. Берник, І.П. Паламарчук.– К.: Вища школа, 1996.- 237с.
4. Берник П.С., Паламарчук И.П., Ярошенко Л.В. Упрочнение лезвийного инструмента в конвейерной вибрационной машине // Материалы II междунар. НТК “Применение колебаний в технологиях. Расчет и проектирование машин для реализации технологий.” – Винница: ВГСХИ, 1994. – С.142–143.
5. Берник П.С. Выбор рациональной схемы механического вибровозбудителя для конвейерной вибрационной машины с эластичной направляющей / П.С. Берник, Л.П. Серета, И.П. Паламарчук // Вибрации в технике и технологиях.– 1995.–№ 2. – С.15–20.
6. Блехман И.И., Джанелидзе Г.Ю. Вибрационное перемещение. –М.: Наука, 1964. –412 с.
7. Бойцов А.Г. Упрочнение поверхностей деталей комбинированными способами / А.Г. Бойцов, В.Н. Машков, В.А. Смоленцев, Л.А. Хворостухин. – М.: Машиностроение, 1991. – 144 с.

8. Гончаревич И.Ф., Фролов К.В. Теория вибрационной техники и технологии. – М.: Наука, 1981. – 320 с.
9. Любін М.В. Механізація транспортуючих робіт. Частина I. Транспортуючі машини з тяговим органом: Навчальний посібник. – Вінниця: ВДАУ, 2004. – 212 с.
10. Паламарчук И.П. Исследование динамики механических приводов и технологических возможностей конвейерной вибрационной машины // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук – Винница: ВГТУ, 1995.- 214 с.
11. Паламарчук І.П. Обґрунтування основних етапів інженерного розрахунку та проектування вібраційних технологічних машин // Збірник наукових праць Вінницького державного аграрного університету. Вип.. 20. – ВДАУ, 2006. – С. 227 – 234.
12. Сергиев А.П. Динамические особенности вибромашин с дебалансными вибраторами // Интенсификация и автоматизация отделочно-зачистной обработки деталей, машин и приборов: Тезисы докладов. – Ростов-на-Дону, 1988. –С. 132–133.
13. Сергиев А.П. Объемная вибрационная обработка деталей. – М.: Наука, 1972. –128с.
14. Серета Л.П., Берник П.С., Паламарчук И.П. Разработка основ проектирования вибрационных машин для конвейерной обработки // Вибрации в технике и технологиях.–1994–№ 1.–С.4–17.
15. Серета Л.П., Паламарчук І.П., Романов О.М. Аналіз приводних механізмів сільськогосподарської техніки // Матеріали міжнародної НТК «Проблеми и перспективы создания свеклоуборочной техники». –Київ, Вінниця, 1996. – С. 120–122.
16. Спиваковский А.О. Вибрационные конвейеры, питатели и вспомогательные устройства / А.О.Спиваковский, И.Ф. Гончаревич. – М.: Машиностроение, 1972. – 245 с.
17. Спиваковский А.О. Вибрационные машины / А.О. Спиваковский, И.Ф. Гончаревич. – М.: Наука, 1983. – 288с.
18. Струтинський В.Б. Математичне моделювання процесів та систем механіки. – Житомир: ЖІТІ, 2001. – 612 с.

JUSTIFICATION STRUCTURAL COMPONENTS VIBROKONVEYERNOY MACHINE FOR SURFACE HARDENING TREATMENT OF THE WORKING BODIES OF AGRICULTURAL MACHINES

Summary. For modern production methods of providing a significant increase in productivity and quality of technological steps, you can note the improvement of consistency of the technological cycle and use directional vibratory action. So now is a promising trend toward mutual combination of these technological trends, expressed in the creation of conveyor vibrating machines.

Transport and technological machines by combining several operations in one production cycle, continuity and ease of processing accession process lines acquire a wide demand in agro-industries. Application of vibrating conveyor machines adds to the quality marked intensification of technological potential actions by increasing the surface heat and mass transfer, the cyclic variation of the dynamic load in particular when mikronaklepe. The major challenge is to ensure allocation of machined parts mechanization of mass working filler while maintaining continuity of treatment and discharge performance products. Mathematical justification of the necessary structural elements vibrator conveyor presented in this article.

Key words: line vibrator, working filler vibrouprochnenie freely granular medium, upload tool.

ТУРБУЛЕНТНОСТЬ СРЕДЫ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ ПОЛУЧЕНИЯ БИОДИЗЕЛЯ ИЗ РАПСА В УКРАИНЕ

Владимир Степований

Львовский национальный аграрный университет, Украина

Volodymyr Stepovanyi

Lviv National Agrarian University, Ukraine

Аннотация. В статье установлены и проанализированы факторы внешней и внутренней среды инновационных проектов комплексного выращивания и переработки рапса в биодизель, реализуемых на материально-технической базе современных сельскохозяйственных предприятий и агрохолдингов Украины.

В результате исследования сделаны выводы о том, что преобладающее влияние на свойства продукта вышеуказанных проектов и их конфигурацию оказывают внешние факторы, которые прибывают в ближайшем окружении. Они формируются от тесного взаимодействия между собой общих и отраслевых факторов внешней среды упомянутых инновационных проектов.

Ключевые слова: выращивание, переработка, рапс, биодизель, инновационный проект, продукт проекта, проектная среда.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Комплексное выращивание и переработка рапса в биодизель (КВПРБ) на материально-технической базе современных сельскохозяйственных предприятий и агрохолдингов (СХПА) Украины в каждом конкретном случае, без сомнения, является инновационным проектом. Процессы инициализации таких проектов, обеспечивающих энергетическую независимость Украины, особенно важны в современных условиях. Идея любого проекта заключается не в том, чтобы осуществить что-то, что мы можем или хотим, а в том, чтобы удовлетворить существующие потребности рынка или сообщества, как на отдельной административной территории, так и в государстве в целом. Это касается и проектов получения альтернативного вида дизтоплива синтетическим способом. И

продуктом таких инновационных проектов (ИП) является уникальная для каждого сельскохозяйственного предприятия или холдинга система комплексного выращивания и переработки рапса в биодизель.

Именно поэтому, в управлении проектами КВПРБ значительное внимание должно быть уделено анализу влияния факторов той среды, в которой осуществляется каждый такой ИП, поскольку турбулентность окружения во многом предопределяет его успешность.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В дальнейшее развитие теоретических основ управления проектами и программами весомый вклад внесли многие известные ученые, среди которых Х. Танака, С. Бушуев [1], В. Рач [2], В. Гогунский [3], А. Рыбак [4]. Значительная часть исследователей, например, С. Чернов, К. Кошкин [5], Ю. Тесля [6], Е. Дружинин [7], Ю. Рак [8] И. Кононенко [9] и многие другие работают над практическим применением управленческого инструментария для внедрения проектов и программ в различных отраслях производства и общественной деятельности государства.

Для практики аграрного производства развитием теории проектного менеджмента занимаются такие исследователи как А. Сидорчук [10 – 12], И. Флыс [12 – 14], В. Тимочко [15], А. Тригуба [16], П. Луб [17] и многие другие. Ими разрабатываются новые и совершенствуются существующие методы и модели управления проектами, направленные на повышение эффективности сельскохозяйственного производства в Украине.

Изучение научной и методической литературы показало, что среда проекта –

это те факторы, которые действуют на проект и во многом определяют его успешность. Факторы проектной среды в проектном менеджменте исследователи [1, 18 – 20] разделяют на внутренние, которые почти полностью зависят от команды проекта и его руководству, и внешние, которые практически не зависят от действий команды проекта.

Внешняя среда – это окружение проекта, которое формируют те внешние составляющие, что непосредственно влияют на его инициализацию, а поэтому и на реализацию.

Они объективно существуют в среде функционирования той организации, которая внедряет проект, и (или) предприятия для которой он выполняется [1, 20].

Внешние факторы некоторые ученые, например [18, 19], делят на группы: политические, экономические, общественные, правовые, научно-технические, культурные, инфраструктурные и природные (рис. 1).

Инновационные проекты комплексного выращивания и переработки рапса в биодизель неотделимы от влияния

окружающей среды и ее постоянной изменчивости во времени и пространстве (турбулентности).

Поэтому в процессе разработки и реализации таких инновационных проектов необходимо учитывать динамику изменения факторов внешней и внутренней среды, их взаимодействие и кумулятивное воздействие на свойства продукта проекта, а также его конфигурацию.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Цель этого исследования – установить и охарактеризовать все факторы внешней и внутренней среды, которые могут повлиять на успешность инновационных проектов комплексного выращивания и переработки рапса в биодизель, которые реализуются на материально–технической базе действующих или новообразованных сельскохозяйственных предприятий и агрохолдингов.

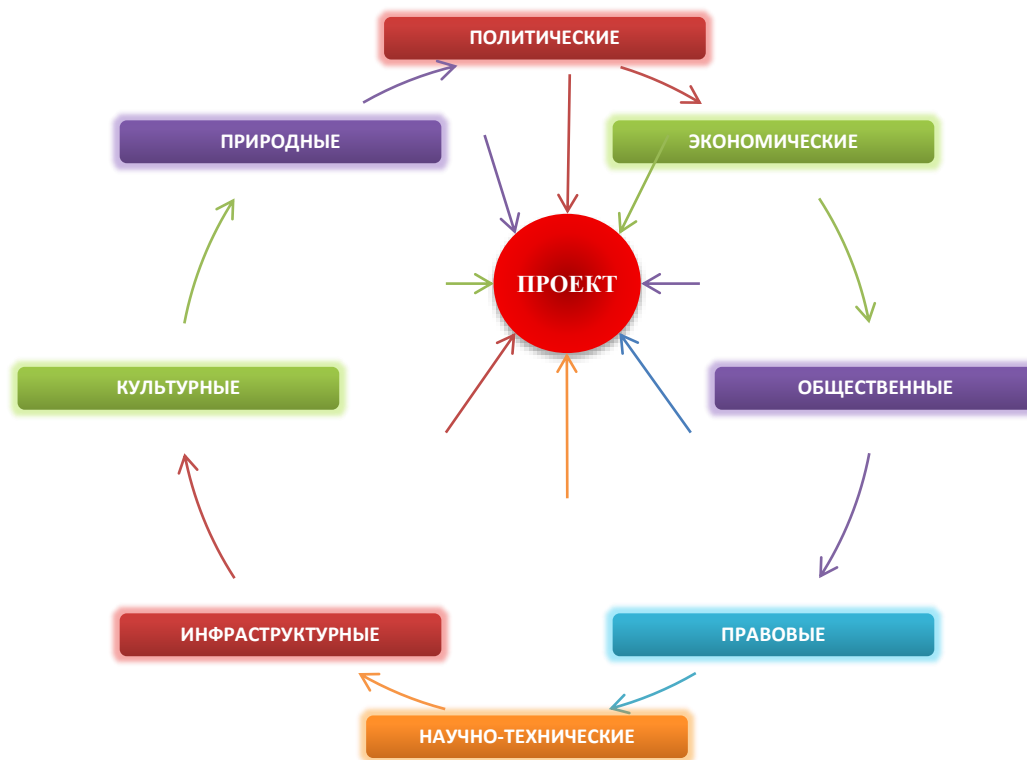


Рис. 1. Внешняя среда проекта и факторы, влияющие на его успешность
Fig. 1. The external environment of the project and the factors affecting its success

ТУРБУЛЕНТНОСТЬ СРЕДЫ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ ПОЛУЧЕНИЯ БИОДИЗЕЛЯ ИЗ РАПСА В УКРАИНЕ

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВОГО МАТЕРИАЛА

Для изучения влияния факторов внешней среды на успешность инновационных проектов КВПРБ всю их совокупность разделим на две группы: общие и отраслевые.

К общим факторам внешней среды ИП отнесем:

✓ макроэкономические показатели (динамика валового внутреннего продукта государства, уровень инфляции, изменение уровня реальных доходов населения, колебания процентных ставок по кредитам, источники инвестиций и капитальных вложений; др.);

✓ социально-демографическая ситуация (количество и структура занятости трудоспособного населения, уровень его социальной защиты и т.п.);

✓ государственное регулирование сельскохозяйственного производства, в частности выращиванием и переработкой рапса в биодизель (возможные изменения в законодательстве относительно данного бизнеса, цены на его продукцию, каналы сбыта, рекламная политика, уровень льготного налогообложения, таможенные правила и т.д.);

✓ природно-климатические условия для выращивания и хранения рапса;

✓ технические, технологические и экологические ограничения в процессах переработки рапса в биодизель.

Группу отраслевых факторов внешней среды инновационных проектов КВПРБ составляют:

✓ земельные ресурсы в использовании СХПА на определенной административной территории;

✓ уровень плодородия почвы в данной климатической зоне;

✓ существующая материально-техническая база для комплексного выращивания и переработки рапса в биодизель в современных СХПА;

✓ технический уровень применяемых технологий выращивания и хранения рапса;

✓ технический уровень применяемых технологий переработки рапса в биодизель;

✓ кадровый потенциал для комплексного выращивания и переработки рапса в биодизель на данной административной территории;

✓ организационные и инвестиционные возможности современных СХПА.

Общие и отраслевые факторы внешней среды, тесно переплетаясь и взаимодействуя между собой, формируют группы факторов ближайшего окружения, то есть тех, которые непосредственно влияют на успешность каждого инновационного проекта КВПРБ.

К таким группам факторов ближайшего окружения ИП КВПРБ, по нашему убеждению, относятся:

✓ финансовые – условия финансирования каждого проекта (инвестиции, кредиты или собственный капитал);

✓ ресурсные – потребность проекта в материально-технических ресурсах и возможность обеспечения ними;

✓ производственные – объемы выращивания рапса на конкретной административной территории;

✓ сбытовые – условия реализации рапса, спрос на биодизель и его сбыт на данной территории;

✓ инфраструктурные – развитость коммуникационных сетей для транспортировки сырья и продукции, имеющиеся коммуникационные связи и информационное обеспечение, виды и качество рекламы;

✓ кадровые – возможность формирования команды и штата исполнителей для реализации ИП КВПРБ, а также трудовой потенциал для эксплуатации такого проекта на данной административной территории.

Учитывая, что каждый ИП КВПРБ реализуется обычно в конкретной среде, проанализируем степень возможного влияния на его успешность каждого из факторов ближайшего окружения (табл. 1).

Таблица 1. Влияние факторов ближайшего окружения инновационного проекта КВПРБ
Table 1. Influence factors entourage innovative project KVPRB

| Группа факторов | Степень возможного влияния на: |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| финансовые | способы и источники получения средств, размер бюджета, смету, общий план ИП |
| ресурсные | возможность обеспечения ИП по приемлемым ценам и современного технико-технологического уровня: семенами, минеральными удобрениями, средствами химической защиты, сельскохозяйственной техникой, горюче-смазочными и другими материалами, машинами для хранения рапса, оборудованием для переработки рапса в биодизель |
| производственные | свойства продукта и конфигурацию ИП (объемы привлеченных для проекта ресурсов, количество продукции, которая будет выпускаться в результате эксплуатации проекта) |
| сбытовые | условия получения необходимых ресурсов для реализации ИП, условия сбыта выпускаемой продукции в результате эксплуатации ИП, конкурентоспособность продукции и сроки окупаемости ИП |
| инфраструктурные | виды и частота рекламы, способы и средства транспортировки сырья и продукции, коммуникационные связи и информационное обеспечение ИП |
| кадровые | количество, деловые и личные качества менеджеров проекта, кадровый потенциал для внедрения ИП и его эксплуатации |

Кроме внешней турбулентности, для успешной реализации ИП КВПРБ большое значение имеет влияние внутренней среды каждого такого проекта, поскольку ее факторы также активно способствуют или мешают достижению поставленных целей.

В процессах реализации инновационных проектов КВПРБ факторами внутренней среды считаем следующие группы:

✓ экономические – смета и бюджет каждого проекта; ожидаемая себестоимость рапса и условия его сбыта; затраты на: семена, удобрения, средства химической защиты, сельскохозяйственную технику, горюче-смазочные и другие материалы, выращивание и сбор урожая рапса, оборудование и помещения для хранения рапса, оборудование и помещения для изготовления биодизеля; рыночные цены на: рапсовое масло и масляный шрот, биодизель и глицерин; размер налогов и сборов; тарифы на ресурсы и транспортные услуги; возможные риски и затраты на страхование от них; стимулы и льготы; другие факторы, действующие внутри проекта и определяющие его основные стоимостные характеристики;

✓ социальные – уровень зарплат и иные стимулы для штатных работников ИП (команды проекта), наличие коммунальных услуг, возможность предоставления социальных преимуществ (школа, детский сад, уровень медобслуживания, возможности для отдыха и др.), условия труда и техника безопасности, страхование и социальное обеспечение и т.п. для команды проекта и будущих работников ИП после его внедрения;

✓ управленческие – стиль руководства проектом, психологический климат и атмосфера в команде проекта, которые позитивно или негативно влияют на творческую активность и работоспособность команды, других исполнителей ИП;

✓ организационные – отношения между основными участниками проекта, делегирование прав, распределение ответственности и обязанностей;

✓ коммуникационные – полнота, достоверность и оперативность обмена информацией в команде проекта и между другими заинтересованными участниками проекта.

Динамику взаимодействия факторов внешней и внутренней среды инно-

ТУРБУЛЕНТНОСТЬ СРЕДЫ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ ПОЛУЧЕНИЯ БИОДИЗЕЛЯ ИЗ РАПСА В УКРАИНЕ

важних проєктів КВПРБ покажемо в формі структурної моделі (рис. 2).



Рис. 2. Динамика взаимодействия внешних и внутренних факторов среды инновационных проектов КВПРБ

Fig. 2. Dynamics of the interaction of internal and external environmental factors KVPRB innovative projects

Как видно из представленной модели, факторы внутренней среды инновационного проекта КВПРБ взаимодействуют и вступают в конфликт с факторами ближайшего его окружения, которое, в свою очередь, формируется под влиянием факторов внешней среды ИП; как общих, так и отраслевых.

ВЫВОДЫ

1. Успешность инновационных проектов комплексного выращивания и переработки рапса в биодизель зависит от внешних и внутренних факторов проектной среды. Однако преобладающее влияние на свойства продукта таких проектов и их конфигурацию оказывают внешние факторы ближайшего окружения. Они формируются в результате тесного взаимодействия между собой общих и отраслевых факторов внешней среды.

2. Перспективы дальнейших исследований в этом направлении состоят в количественной оценке влияния факторов среды инновационных проектов по комплексному выращиванию и переработке

рапса на биодизель на свойства продукта таких ИП и их конфигурацию.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Upravlenye ynnovatsyonnyu proektamy y prohrammamy na osnove systemy znanyu R2M: Monohrafiyya. // Yaroshenko F.A., Bushuev S.D., Tanaka Kh. – K.: «Sammyt-Knyha», 2012. – 272.
2. Rach V.A. ta in. Upravlinnya proektamy: praktychni aspekty realizatsiyi stratehiy rehional'noho rozvytku / Navch. posib. / V.A. Rach, O.V. Rossoshans'ka, O.M. Medvedyeva; za red. V.A. Racha. – K.: «K. I. S. », 2010. – 276.
3. Hohunskyy V.D. Osnovnye zakony proektnoho menedzhmenta / Hohunskyy V.D., Rudenko S.V. / Upravlinnya proektamy: stan ta perspektyvy // Materialy Mizhnar. Nauk. tekhn. konf. – Mykolayiv: NUK, 2008. – 37-40.
4. Rybak A.Y. Analyz elementov motyvatsyy y delehyrovanyya vlastnykh polnomochyy v srede proektnoy deyatel'nosti // Naukovi zapysky Mizhnarodnoho humanitarnoho universytetu: Zbirnyk / Pid red. d.t.n., prof Rybaka A.I. – Odesa: Mizhnarodn. humanit. un-t, 2008. – Vyp. 11: Seriya «Upravlinnya proektamy ta prohramamy». – 4-13.
5. Chernov S.K. Kontseptual'nye osnovy rozvytyya naukoemkykh predpriyatyy v konkurentnoy srede / S.K. Chernov, K.V. Koshkyn // Vostochno-evropeyskyy zhurnal peredovykh tekhnolohyy. – 1/2(43)2012. – 20-22.
6. Teslya Yu.N. Kak sdelat', chtoby metodolohyya upravlenyya proektamy rabotala na praktyke / Yu.N. Teslya // Upravlinnya proektamy: stan ta perspektyvy. – 2013. – # 9. – 336–338.
7. Druzhynyn E.A. Metodolohycheskiye osnovy rysk-oryentyrovannoho podkhoda k upravlenyyu resursamy proektov y prohramm rozvytyya tekhniky: Dys... d-ra tekhn. nauk: 05.13.22 / Natsyonal'nyy aэrokosmycheskyy un-t ym. N.E. Zhukovskoho «Khar'kovskyy avyatsyonnyy un-t». – Kh., 2006. – 404.
8. Rak Yu.P. Upravlinnya proektamy pozhezhohasinnya viddalenykh zon terytoriyi optymizatsiyeyu topolohichnykh skhem / Yu.P. Rak, O.D. Synel'nikov, T.Ye. Rak //

- Komp'yuterni systemy ta merezhi. – L. : Vydvo Nats. Un-tu «L'vivs'ka politehnika», 2008. – 97-101.
9. Kononenko Y.V. Razrobotka metoda analiza ynformatsyy dlya vybora optimal'noy metodolohyy upravlenyya proektom / Y.V. Kononenko, A.V. Kharazyu // Vostochno-evropeyskyy zhurnal peredovykh tekhnolohyy. – 1/13(55)2012. – 4-7.
10. Sydoruk O., Sydoruk L., Tatomyr A. Grounding of the main tasks the project management of power supply for rural power consumers / MOTROL-2008 // Motorization and power industry in agriculture. – Volume 10. – Lublin, 2008. – 122–125.
11. Sydoruk O.V. Metodolohiya upravlinnya vyrobnycho–tekhnolohichnym ryzykom na pidstavi statystychnoho imitatsiynoho modelyuvannya robit u proektakh / O.V. Sydoruk, P.M. Lub, V.S. Spichak, T.D. Hutsol, O.V. Zelens'kyy // Vostochno-evropeyskyy zhurnal peredovykh tekhnolohyy. – 1/10(61)2013. – 89-92.
12. Sydoruk O.V. A functional structure of reprocessing enterprises in their projects / O.V.Sydoruk, I.M.Flys // Announcer of Lviv State Agrar. Un-ty: Agroengineerings researches №8. – Lviv: Lviv State Agrar. Un-ty, 2004. – 82–88.
13. Flys I. Scientific and practical aspects of project management for production and reprocessing complexes / TEKA / Polish academy of sciences // Commission Motorization and power industry in agriculture. – Vol. XI. – Lublin, 2011. – 83-91.
14. Flys I. Scientific and methodological problems in management of innovative projects creation in production and reprocessing complexes / I. Flys // MOTROL. An International Journal On Operation on Farm and Agri-Food Industry Mashinery. – Vol. 14. – No 5. – Lublin-Rzesow, 2012. – 57-61.
15. Tymochko V.O. Kontsepsiya proaktyvnoho upravlinnya portfelem proektiv sil'skohospodars'koho pidpryyemstva v umovakh turbulentsnosti ta hlobalizatsiyi svitovoyi ekonomiky / V.O. Tymochko, R.I. Padyuka // Tezy dopovidey IKh Mizhnarodnoyi konferentsiyi «Upravlinnya proektamy u rozvytku suspil'stva». Tema: Upravlinnya prohramamy ta proektamy v umovakh hlobal'noyi finansovoyi kryzy.// Vidp. za vypusk S.D. Bushuyev. – K. : KNUBA, 2013. – 254-255.
16. Tryhuba A.M. Klasyfikatsiya ta osoblyvosti realizatsiyi intehrovanykh proektiv ahrarnoho vyrobnytstva [Elektronnyy resurs] / A.M. Tryhuba // Upravlinnya proektamy, systemnyy analiz i lohystyka. Tekhnichna seriya. - 2011. - Vyp. 8. - 197–201. - Rezhym dostupu: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Upsal_2011_8_53.pdf
17. Lub P.M. Osoblyvosti upravlinnya proektamy adaptyvnykh tekhnolohichnykh system udobrennya, pidhotovky hruntu ta sivby sil'skohospodars'kykh kul'tur / P.M. Lub // Vost.-Evrop. zhurn. peredovykh tekhnolohyy. – 2011. – # 1/5. – 39–41. - Bibliohr.: 9 nazv. – ukp.
18. Internet resurs - http://www.analizplus.com/3/2_6.php
19. Kovshun N.E. Analiz ta planuvannya proektiv. Navchal'nyy posibnyk. – K.: Tsentr uchbovoyi literatury, 2008. – 344.
20. Verba V.A., Zahorodnikh O.A. Proektnyy analiz: Pidruchnyk. – K.: KNEU, 2000. – 322.

TURBULENCE ENVIRONMENT INNOVATION PROJECTS BIODIESEL FROM RAPESEED IN UKRAINE

Summary. The external and internal factors of innovation projects environment on the complex cultivation and rape processing into biodiesel which are realized on the material and technical base of modern Ukrainian agricultural enterprises and holdings have been described and analyzed in the article.

According to the research the predominant influence on a configuration of such projects and property of their product provide those internal factors, which are formed from a close interaction of general and branch factors of environment.

Key words: cultivation, processing, rapes, biodiesel, innovative project, product of project, project environment.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО ДОЗАТОРА СЫПУЧИХ КОРМОВ

Валерий Сиротюк, Степан Химка, Маркиян Гошко
Львовский национальный аграрный университет, Украина
Valerij Sirotiuk, Stepan Khimka, Markijan Goshko
Lviv National Agrarian University, Ukraine

Аннотация. Приведены результаты отсевного и полнофакторного эксперимента влияния факторов на подачу вибрационного дозатора сыпучих кормов.

Ключевые слова: вибрационный дозатор, критерий оптимизации, фактор, диаграмма рассеяния результатов.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В статье рассматривается вибрационный дозатор (рис. 1), рабочий орган которого выполнен в виде диска или конуса (3), установленного в нижней части питательного бункера (2), на стержне (1), рабочий орган в статическом режиме перекрывает выходную горловину и предотвращает самопроизвольному истечению корма [1–12]. Во время движения рабочего органа с помощью электромагнитного вибратора (5) и постоянного магнита (4) подача будет осуществляться за счет изменения физико-механических свойств, а именно за счет уменьшения коэффициента внутреннего трения [13–16].

ПОСТАНОВКА ЗАДАНИЯ

Определить весомость факторов методом отсевного эксперимента, и их влияние на подачу дозатора на основании многофакторного планированного эксперимента.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В литературе отсутствуют результаты экспериментальных исследований вибрационных дозаторов с крутильными колебаниями рабочих органов.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Первым этапом экспериментальных исследований было определение весомости влияющих на подачу дозатора факторов с использованием методики отсевного эксперимента [17]. Перед тем, как построить матрицу отсевного эксперимента, осуществлен выбор факторов и их уровней варьирования, а также проведено их кодирование знаками (+) и (-) (табл.1). В качестве критерия оптимизации выбрано подачу дозатора.



Рис. 1. Схема вибрационного дозатора сыпучих кормов: 1 – упругий элемент; 2 – бункер; 3 – рабочий орган; 4 – постоянный магнит; 5 – электромагнитный вибратор; 6 – подшипник

Fig. 1. Scheme vibrating friable forages dozer: 1 – elastic element; 2 – bunker; 3 – working body; 4 – permanent magnet; 5 – electromagnetic vibrator; 6 – bearing

Значение критерия оптимизации, полученное на основе усреднения результатов трехкратной повторности проведенных опытов, приведены в табл. 2, соответственно разработанной матрицы отсевного эксперимента.

Для оценки значимости факторов построена диаграмма рассеяния (рис. 2), на которой нанесены точки, соответствующие уровню, на котором находились факторы в соответствующем опыте. Степень влияния фактора оцениваем на диаграмме визуально по разнице между средними значениями их уровней.

Таблица 1. Факторы, влияющие на критерий оптимизации дозатора

Table 1. Factors that affect the optimization criterion doser

| Фактор и его обозначение | Уровни факторов | |
|------------------------------------------|-----------------|-------|
| | -1 | +1 |
| x_1 – круговой зазор, м | 0,008 | 0,012 |
| x_2 – амплитуда колебаний, град. | 0°40' | 3°22' |
| x_3 – угол наклона диска, град. | 10 | 20 |
| x_4 – угол естественного откоса, град. | 51 | 49 |
| x_5 – высота корма в бункере, м | 0,2 | 0,6 |

Таблица 2. Матрица отсевного эксперимента со значениями критерия оптимизации
Table 2. A matrix of sifting out experiment is with the value of criterion of optimization

| № опыта | x_1 | x_2 | x_3 | x_4 | x_5 | Значение критерия оптимизации y , кг/с | Значение критерия оптимизации после корректировок y^j , кг/с |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| | | | | | | | |
| 2 | + | + | - | + | - | 0,1182 | 0,0192 |
| 3 | + | - | + | + | - | 0,0240 | -0,008 |
| 4 | - | + | + | - | - | 0,0602 | -0,0068 |
| 5 | - | - | - | + | - | 0,0145 | 0,0145 |
| 6 | + | - | + | - | + | 0,0260 | -0,006 |
| 7 | + | + | - | - | + | 0,1080 | 0,009 |

Для их количественной оценки построена таблица (табл. 3) с двумя выходами. В ячейках таблицы записаны оцениваемые

факторы с уровнями варьирования и значение критерия оптимизации, полученные соответствующие их взаимодействия. Значение эффектов воздействия факторов определены по формуле (1).

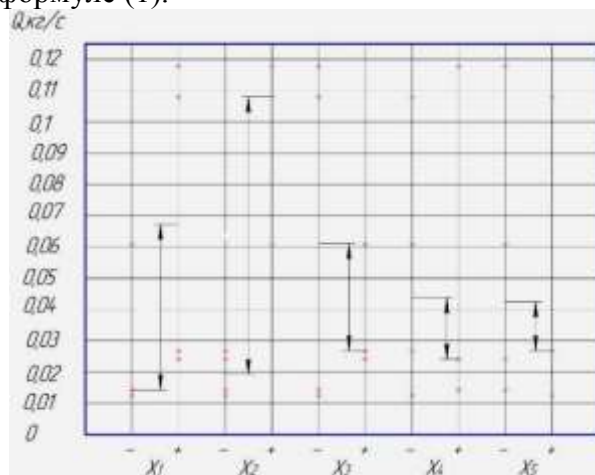


Рис. 2. Диаграмма рассеяния результатов наблюдений за уровнями факторов
Fig. 2. There is a diagram of dispersion of results of watching the levels of factors

Таблица 3. Таблица с двумя входами для определения эффектов факторов x_1 и x_2
Table 3. A table is with two entrances for deduction of effects of factors of x_1 and x_2

| Оцен. факторы | + x_1 | - x_1 |
|---------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| + x_2 | 0,1182 | 0,0602 |
| | <u>0,1080</u> | |
| | $\Sigma y_1 = 0,2262$ $\bar{y}_1 = 0,1131$ | $\Sigma y_2 = 0,0602$ $\bar{y}_2 = 0,0602$ |
| - x_2 | 0,0240 | 0,0125 |
| | <u>0,0260</u> | <u>0,0145</u> |
| | $\Sigma y_3 = 0,0500$ $\bar{y}_3 = 0,0250$ | $\Sigma y_4 = 0,0270$ $\bar{y}_4 = 0,0135$ |

$$x_i = \frac{\bar{y}_1 + y_3 + y_5 + \dots + y_n}{k_i} - \frac{\bar{y}_2 + y_4 + y_6 + \dots + y_{n+1}}{k_i}, \quad (1)$$

где: $\bar{y}_1, \bar{y}_3, \bar{y}_5 \dots \bar{y}_n$ – среднее значение критерия оптимизации в каждой ячейке таблицы для уровня фактора (+); $\bar{y}_2, \bar{y}_4, \bar{y}_6 \dots \bar{y}_{n+1}$ – среднее значение критерия оптимизации в каждой ячейке таблицы для уровня фактора (-); k_i – число средних значений критериев оптимизации. Для выделенных факторов эффекты будут равны $x_1 = 0,032$; $x_2 = 0,067$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО ДОЗАТОРА СЫПУЧИХ КОРМОВ

После расчетов эффекта выделенных факторов проверяем их значимость по t -критерию (критерию Стьюдента) по формуле (2):

$$t = \frac{(\bar{y}_1 + \bar{y}_3 + \dots + \bar{y}_n) - (\bar{y}_2 + \bar{y}_4 + \dots + \bar{y}_{n+1})}{S_R \sqrt{\sum \frac{1}{n_i}}}, \quad (2)$$

Где: S_R – среднеквадратическое отклонение, характеризующее рассеяние относительно средних в ячейках таблицы с несколькими входами.

Значения t - критерия для оцениваемых факторов составляют: $t_{x1}=22,781$; $t_{x2}=10,884$

Табличное значение критерия выбирается в зависимости от заданного уровня значимости и числа степеней свободы. В нашем случае, при $f = 3$ и 5%-ом уровне значимости, табличное значение критерия Стьюдента (согласно [20]) на уровне $t_{0,05}=3,182$. Так что два из выделенных критериев значимы с 95%-ой вероятностью.

Проводим корректировки эффектов, и результаты заносим в табл. 4.

Таблица 4. Для расчета t - критерия Стьюдента для факторов x_1 и x_3

Table 4. To calculate t - St'udent criterion for factors x_1 and x_3

| № клетки | $\sum y_i$ | $(\sum y_i)^2$ | $\sum y_i^2$ | n_i | $S_R^2 = \frac{\sum y_i^2}{n_i - 1} - \frac{(\sum y_i)^2}{n_i(n_i - 1)}$ |
|----------|------------|----------------------|-----------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 0,2262 | 0,051 | 0,026 | 2 | $5,202 \cdot 10^{-5}$ |
| 2 | 0,0602 | 0,0036 | 0,0036 | 1 | 0 |
| 3 | 0,0500 | $2,5 \cdot 10^{-3}$ | $1,252 \cdot 10^{-3}$ | 2 | $2 \cdot 10^{-6}$ |
| 4 | 0,0270 | $7,29 \cdot 10^{-4}$ | $3,665 \cdot 10^{-4}$ | 2 | $2 \cdot 10^{-6}$ |

Далее строим диаграмму рассеяния по основным эффектам (рис. 3).

Как видно из диаграммы, больше выделяются факторы x_3 – угол наклона диска x_4 - угол естественного откоса. Для их количественной оценки построена табл. 5 с двумя выходами. В ячейках таблицы записаны оцениваемые факторы с уровнями варьирования и значение критерия оптимизации, полученные в их взаимодействии.

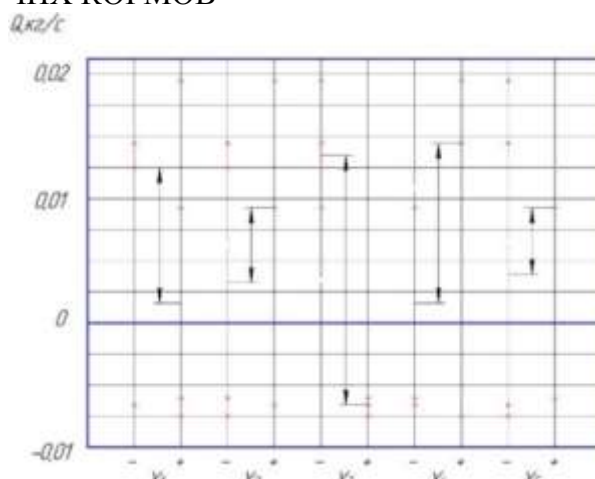


Рис. 3. Диаграмма рассеяния результатов наблюдений за уровнями факторов после первой корректировки

Fig. 3. Diagram dispersion results of observations of the levels after the first correction factors

Таблица 5. Таблица с двумя выходами для оценки эффектов факторов x_3 и x_4

Table 5. Table with two inputs for evaluating the effects of factors x_3 and x_4

| Оцен. факторы | + x_3 | - x_3 |
|---------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| + x_4 | -0,008 | 0,0192 |
| | $\Sigma y_1 = -0,008$ $\bar{y}_1 = -0,008$ | $\Sigma y_2 = 0,0337$ $\bar{y}_2 = 0,01685$ |
| - x_4 | -0,0068 | 0,0125 |
| | $\Sigma y_3 = -0,0128$ $\bar{y}_3 = -0,0064$ | $\Sigma y_4 = 0,0215$ $\bar{y}_4 = 0,01075$ |

Величина эффектов воздействия факторов определена по формуле (1). Для выделенных факторов эффекты будут равны $x_3=-0,021$; $x_4=0,00225$.

После расчетов эффектов выделенных факторов проверяем их значимость по t -критерию по формуле (2), результаты расчетов поданы в табл. 6.

Значения t - критерия для оцениваемых факторов составляют: $t_{x3}=1,361$; $t_{x4} = -12,703$.

Значение табличного критерия выбирается в зависимости от заданного уровня значимости и числа степеней свободы. В нашем случае, при $f=3$ и 5%-ого уровня значимости табличное значение критерия Стьюдента (согласно [20]) равен $t_{0,05}=3,182$, а для $t_{0,1}=2,353$. Итак, фактор x_4

значим из 95%-ой вероятностью, а фактор x_3 незначим.

Таблица 6. Таблица для расчета t -критерия для факторов x_3 та x_4

Table 6. Table for calculating the t -criterion for factor x_3 and x_4

| № клетки | $\sum y_i$ | $(\sum y_i)^2$ | $\sum y_i^2$ | n_i | $s_R^2 = \frac{\sum y_i^2}{n_i - 1} - \frac{(\sum y_i)^2}{n_i(n_i - 1)}$ |
|----------|------------|-----------------------|-----------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------|
| 1 | -0,008 | $6,4 \cdot 10^{-5}$ | $6,4 \cdot 10^{-5}$ | 1 | 0 |
| 2 | 0,0337 | $1,136 \cdot 10^{-3}$ | $5,789 \cdot 10^{-4}$ | 2 | $1,105 \cdot 10^{-5}$ |
| 3 | -0,0128 | $1,638 \cdot 10^{-4}$ | $8,224 \cdot 10^{-5}$ | 2 | $3,2 \cdot 10^{-7}$ |
| 4 | 0,0215 | $4,622 \cdot 10^{-4}$ | $2,373 \cdot 10^{-4}$ | 2 | $6,125 \cdot 10^{-6}$ |

Для количественной оценки фактора x_5 построена таблица с двумя выходами табл.7. Для оценки фактора возьмем под статью фактор x_2 . В ячейках таблицы записаны оцениваемые факторы с уровнями варьирования и значение критерия оптимизации, полученные в их взаимодействии.

Таблица 7. Таблица с двумя входами для исчисления эффектов факторов x_2 и x_5

Table 7. Table with two inputs for the calculation of effects of factors x_2 and x_5

| Оцен. факторы | + x_2 | - x_2 |
|---------------|---------------------------------|---------------------------------|
| + x_5 | 0,009 | 0,0125 |
| | $\underline{\sum y_1} = 0,009$ | $\underline{\sum y_2} = 0,0065$ |
| | $y_1 = 0,009$ | $y_2 = 0,00325$ |
| - x_5 | 0,0192 | 0,0240 |
| | $\underline{\sum y_3} = 0,0132$ | $\underline{\sum y_4} = 0,0385$ |
| | $y_3 = 0,0066$ | $y_4 = 0,0193$ |

Значение эффектов воздействия факторов определены по формуле (1). Для фактора эффект будет равен; $x_5 = -0,006825 \cdot 10^{-3}$.

После расчетов эффекта оцениваемых факторов проверяем их значимость по t -критерию по формуле (2), результаты расчетов поданы в табл. 8.

Значение t – критерия для фактора x_5 составляет: $t_{x_2} = -0,377$.

Таблица 8. Таблица для расчета t -критерия для факторов x_2 и x_5

Table 8. Table for calculating the t -criterion for factors x_2 and x_5

| № клетки | $\sum y_i$ | $(\sum y_i)^2$ | $\sum y_i^2$ | n_i | $s_R^2 = \frac{\sum y_i^2}{n_i - 1} - \frac{(\sum y_i)^2}{n_i(n_i - 1)}$ |
|----------|------------|-----------------------|-----------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 0,009 | $8,1 \cdot 10^{-5}$ | $8,1 \cdot 10^{-5}$ | 1 | 0 |
| 2 | 0,0337 | $4,225 \cdot 10^{-5}$ | $1,923 \cdot 10^{-4}$ | 2 | $1,711 \cdot 10^{-4}$ |
| 3 | -0,0128 | $1,742 \cdot 10^{-4}$ | $4,149 \cdot 10^{-4}$ | 2 | $3,278 \cdot 10^{-4}$ |
| 4 | 0,0215 | $7,29 \cdot 10^{-4}$ | $7,862 \cdot 10^{-4}$ | 2 | $4,513 \cdot 10^{-5}$ |

Табличное значение критерия выбирается из таблицы t – критерия в зависимости от заданного уровня значимости и числа степеней свободы. В нашем случае, по $f = 3$ та 5%-ого уровня значимости табличный критерий Стьюдента (согласно [20] равен $t_{0,05} = 3,182$, а $t_{0,1} = 2,353$. Итак фактор x_5 незначимый.

На рис. 4 изображена диаграмма эффектов, выделенных методом случайного баланса, влияния факторов на процесс дозирования. Данная диаграмма дает наглядное представление о степени влияния каждого из пяти факторов и возможность выделить из них наиболее влиятельные. Значимость выделенных факторов по t -критерию представлены в виде диаграммы на рис. 5.

Из диаграммы уровня значимости факторов, выделенных методом случайного баланса по критерию Стьюдента, видно, что факторы x_1 , x_2 и x_4 (соответственно круговой зазор, образованный горловиной бункера и рабочим органом, амплитуда колебаний и угол внутреннего трения корма) значимы с 95%-ой вероятностью. Влияние остальных факторов является малозначимым.

Для определения взаимосвязи между факторами и критерием оптимизации, был проведен полный трехфакторный планированный эксперимент на трех уровнях типа 3^k .

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО ДОЗАТОРА СЫПУЧИХ КОРМОВ

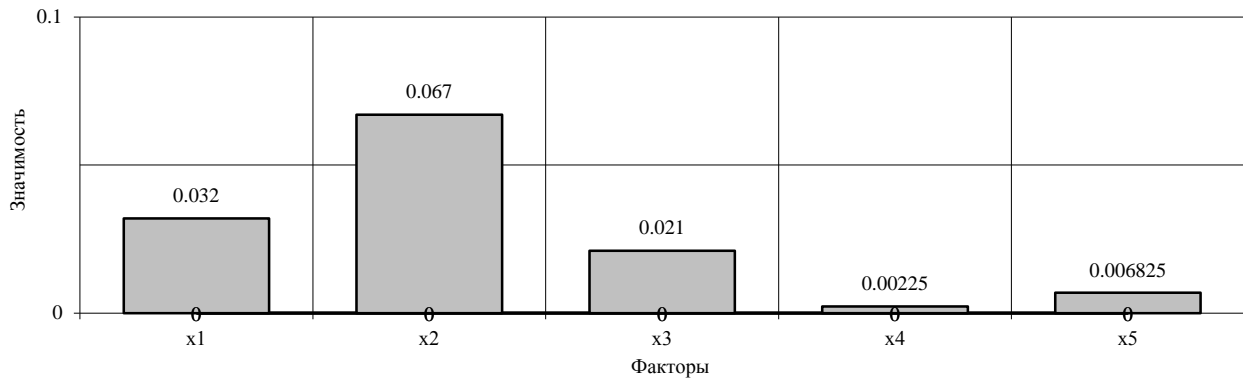


Рис. 4. Диаграмма эффектов выделенных методом случайного баланса при определении влияния факторов

Fig. 4. Diagram effects randomly selected balance in determining of influence factors

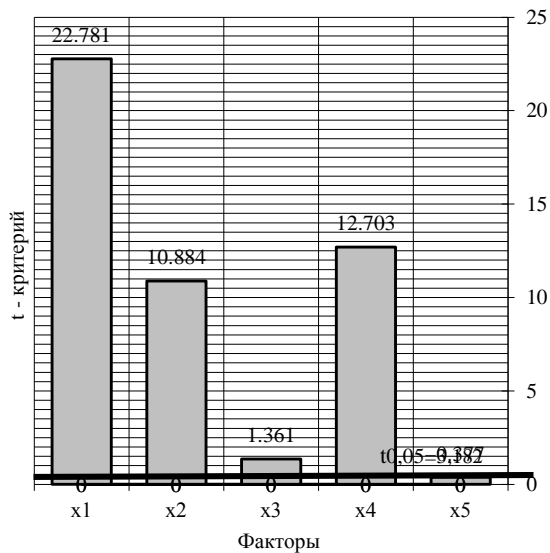


Рис. 5. Диаграмма уровня значимости факторов выделенных методом случайного баланса по критерию Стьюдента

Fig. 5. Diagram significance level factors selected by random balance for the St'yudent criterion

Выбираем пределы варьирования факторов и проводим их кодирование, согласно [17–20] с целью перевода натуральных значений в безразмерные величины. Связь между кодированными x_i и натуральными x_i значениями факторов будет:

$$X_i = \frac{X_i - X_{i0}}{E}, \quad (3)$$

где: X_i – натуральное значение фактора; X_{i0} – натуральное значение фактора на нулевом уровне; E – интервал варьирования.

Результаты заносим в таблицу 9.

Таблица 9. Уровни варьирования факторов и их значение

Table 9. The limits change factors and their value

| Название фактора | Уровни факторов | | | Интервал E |
|------------------------------------------------------|-----------------|---------|---------|------------|
| | нижний | нулевой | верхний | |
| | - | 0 | + | |
| x_1 –круговой зазор, м (h) | 0,08 | 0,1 | 0,12 | 0,02 |
| x_2 –ампли-туда колебаний, град (A) | 0°40' | 2°00' | 3°20' | 1°20' |
| x_3 – угол естественного откоса, град (α) | 51 | 50 | 49 | 1 |

Для проведения эксперимента и обработки его результатов составляется матрица планированного эксперимента (табл. 10).

Получив экспериментальные данные, необходимо подтвердить их воспроизводимость, т.е. определить дисперсию воспроизводимости. Воспроизводимость опытов проверялась по G – критерию (Кохрена) [20], согласно которому гипотезу воспроизводимости опытов принимают, если расчетные значения G – критерия меньше его табличного значения, то есть:

$$G_p \leq G_T(0,05; n; f_i), \\ 0,132 \leq 0,3346.$$

Табличное значение критерия Кохрена, при $n = 15$ и $f = 3-1 = 2$ становило 0,3346.

Таблица 10. Матрица планируемого эксперимента
Table 10. The matrix of the planned experiment

| № | x ₁ | x ₂ | x ₃ | x ₁ x ₂ | x ₁ x ₃ | x ₂ x ₃ | x ₁ ² | x ₂ ² | x ₃ ² | y ₁ | y ₂ | y ₃ | y _c |
|----|----------------|----------------|----------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1 | + | + | 0 | + | 0 | 0 | + | + | 0 | 0,1229 | 0,1171 | 0,1172 | 0,119067 |
| 2 | - | - | 0 | + | 0 | 0 | + | + | 0 | 0,0121 | 0,0151 | 0,0122 | 0,0131 |
| 3 | + | - | 0 | - | 0 | 0 | + | + | 0 | 0,0221 | 0,0227 | 0,0259 | 0,0236 |
| 4 | - | + | 0 | - | 0 | 0 | + | + | 0 | 0,0581 | 0,0629 | 0,0627 | 0,061233 |
| 5 | + | 0 | + | 0 | + | 0 | + | 0 | + | 0,0781 | 0,0829 | 0,0784 | 0,0798 |
| 6 | - | 0 | - | 0 | + | 0 | + | 0 | + | 0,0469 | 0,0421 | 0,0423 | 0,043767 |
| 7 | + | 0 | - | 0 | - | 0 | + | 0 | + | 0,0751 | 0,0798 | 0,0797 | 0,0782 |
| 8 | - | 0 | + | 0 | - | 0 | + | 0 | + | 0,0488 | 0,0441 | 0,0489 | 0,047267 |
| 9 | 0 | + | + | 0 | 0 | + | 0 | + | + | 0,0879 | 0,0812 | 0,0811 | 0,0834 |
| 10 | 0 | - | - | 0 | 0 | + | 0 | + | + | 0,0141 | 0,0179 | 0,0178 | 0,0166 |
| 11 | 0 | + | - | 0 | 0 | - | 0 | + | + | 0,0858 | 0,0811 | 0,0859 | 0,0843 |
| 12 | 0 | - | + | 0 | 0 | - | 0 | + | + | 0,0151 | 0,0182 | 0,0189 | 0,0174 |
| 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0699 | 0,06601 | 0,0661 | 0,0673 |
| 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0698 | 0,0661 | 0,0662 | 0,0674 |
| 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0699 | 0,0661 | 0,0612 | 0,0657 |
| | | | | | | | | | | | | Σy | 0,8681 |

Оно больше от расчетного - 0,132. На основании этого можно сделать вывод, что эксперимент воспроизводим.

Коэффициенты регрессии мы определяли по формулам:

$$\left. \begin{aligned} b_0 &= \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n \bar{y}_u; \\ b_1 &= \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n x_{iu} \bar{y}_u; \\ b_{ij} &= \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n x_{iu} x_{ju} \bar{y}_u, \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

где: x_{ii} – значения i -го кодированного фактора в строке матрицы в i -м опыте; x_{ju} – значения j -го кодированного фактора в строке матрицы в i -м опыте.

Коэффициенты регрессии, рассчитанные по формулам (4), имеют значения:

$$\begin{aligned} b_0 &= 0,067; b_1 = 0,0169; b_2 = 0,03466; \\ b_3 &= 0,00063; b_{12} = 0,01185; b_{13} = 0,00046; \\ b_{23} &= 0,0003; b_{11} = -0,00003; b_{22} = -0,0126; \\ b_{33} &= -0,004. \end{aligned}$$

Значения выходного параметра \bar{y}_u полученные в результате расчетов:

$$\bar{y}_u = \frac{1}{3} (y_{u_1} + y_{u_2} + y_{u_3}), \quad (5)$$

где: y_{ui} – полученные в результате опытов величины выходного параметра, после подстановки значений в формулу

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + b_{23} x_2 x_3, \quad (6)$$

где: b_0, b_1, b_2, b_3 – коэффициенты при соответствующих значениях x .

В результате получили уравнение:

$$\begin{aligned} y &= 0,067 + 0,0169x_1 + 0,3466x_2 + 0,00063x_3 + \\ &+ 0,0185x_1x_2 + 0,00046x_1x_3 + 0,0003x_2x_3 - \\ &- 0,00003x_1^2 - 0,0126x_2^2 - 0,004x_3^2. \end{aligned} \quad (7)$$

Анализ уравнения (7) позволяет утверждать, что на производительность наибольшее влияние оказывают круговой зазор и амплитуда колебаний.

Нами была проведена проверка на адекватность уравнений регрессии по критерию Фишера. Уравнение адекватны, если выполняется условие $F = \frac{S_{ad}^2}{S_y^2} < F(0,05; f_{ad}; f_y)$.

В нашем случае $f_{ad} = 15 - 3 - 1 = 11$;
 $f_y = 15 \cdot (3 - 1) = 30$

Критерий Фишера согласно [20] с числом степеней свободы дисперсии адекватности, составил 2,12.

Дисперсия адекватности составляла: $S_{ad}^2 = 0,0000157$.

Согласно данным дисперсия воспроизводимости равна $S_y^2 = 0,00000765$.

Тогда критерий Фишера составит:

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО ДОЗАТОРА СЫПУЧИХ КОРМОВ

$$F_{\text{прозрач}}=2,056;$$

Расчетное значение критерия Фишера меньше от табличного. На основании этого можно утверждать, что модель является адекватной.

Проведем оценку значимости коэффициентов регрессии с помощью критерия Стьюдента. При уровне доверительной вероятности $p = 0,95$ и числе степеней свободы дисперсии адекватности $f_y = n(m_0 - 1) = 9(3 - 1) = 18$, табличное значение критерия Стьюдента составляет $t_{T(0,95;18)} = 2,101$ [20].

Коэффициент регрессии b_j статистически значим, если выполняется условие [20]:

$b_j \geq \pm t_{T(p; f_y)} S_{bj}$, где $t_{T(p; f_y)}$ – табличное значение критерия Стьюдента; S_{bj} – среднее квадратическое отклонение коэффициентов регрессии.

Статистически значимые коэффициенты регрессии должны удовлетворять условию [20]: $b_y \geq \pm 0,0058$

Согласно уравнению регрессии половина коэффициентов значимых, а остальные малозначимы. В таком случае можно перейти от кодированных значений факторов X_1, X_2 и X_3 в уравнении (6) к их натуральным значениям:

$$y = -4,96 - 1,24x_1 + 0,19x_2 + 0,66x_1x_2 - 0,0064x_2^2. \quad (8)$$

Уравнения регрессии в декодированном виде позволяет определить расчетным способом подачу вибрационным дозатором

комбикормов при выборе значений рассматриваемых факторов, которые лежат в области эксперимента. Область эксперимента выбрана на основании предварительных экспериментов, из которых определили, что, при зазоре меньше 2 мм, и амплитуде менее 40', подача почти прекращается, при круговом зазоре около 14 мм начинается самопроизвольное истечение корма.

На основе уравнения (7) построено поверхности отклика. При построении поверхностей отклика изменялись только два фактора, а третий оставался равным нулю. Для этого было использовано программное обеспечение Statistica 10.0.

ВЫВОДЫ

Как видно из рис. 6–8, при увеличении факторов увеличивалась подача. Зависимости близки к линейным, и нет необходимости в дальнейшем их анализе.

Уравнения регрессии в декодированном виде позволяет расчетным способом настроить подачу комбикормов вибрационным дозатором при выборе значений рассматриваемых факторов, которые лежат в области эксперимента.

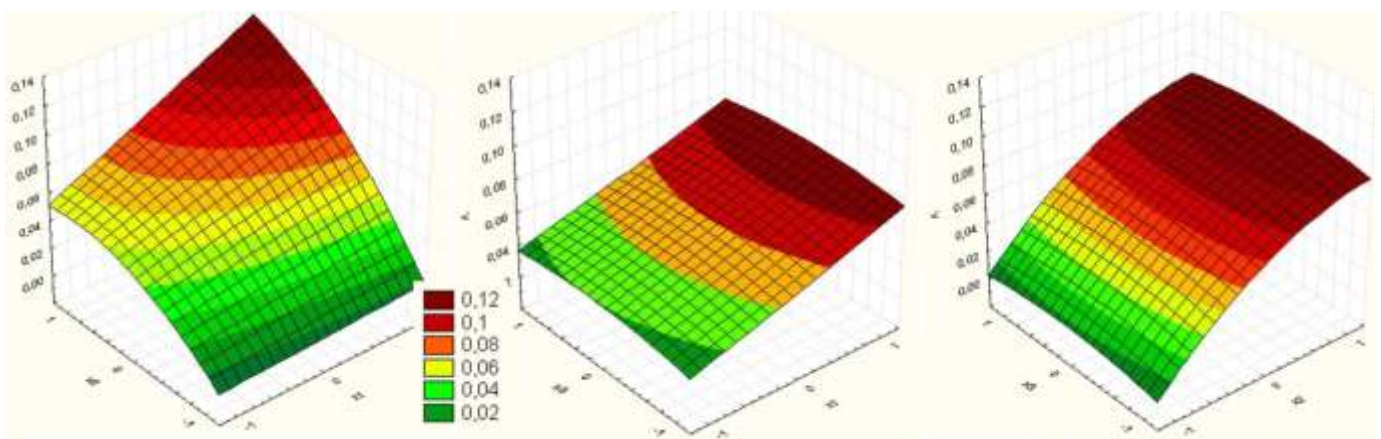


Рис. 6. Поверхности отклика $Q = f(h, A)$

Fig. 6. The surfaces reviews $Q = f(h, A)$

Рис. 7. Поверхности отклика $Q = f(h, \alpha)$

Fig. 7. The surfaces reviews $Q = f(h, \alpha)$

Рис. 8. Поверхности отклика $Q = f(A, \alpha)$

Fig. 8. The surfaces reviews $Q = f(A, \alpha)$

1. Timoshenko S.P. Kolebania v inženernom dele./ S.P.Timoshenko, D.H. Jang, U.Uiver [per. s angl.] – М.: Mashynostroenie, 1985. – 472.
2. Syrotuk V.N. Obgruntuvania parametriv vibracijnogo diskovogo dozatora kombikormiv. / V.M. Syrotuk, S.V. Syrotuk // Praci Tavrijskoi dergavnoi agrotehnicnoi akademii – №5. – Melitopol: TDATA, 2001. – 9.
3. Syrotuk V.N. Optyimizaciia parametriv vibracijnogo diskovogo dozatora kombi-kormiv. / V.M. Syrotuk, S.V. Syrotuk // Lvivskij nacionalnyj agrarnyj universytet «Agrovisnyk» – Lviv., 2001. – 7
4. Pat. 3957U UA 7A01K 5/02. Vibracijnyj diskovyj dozator sypuchyh materialiv/ V.N. Syrotuk, S.N. Khimka, S.V. Syrotuk. (Ukraina): № 200404261. opubl. 15.12.2004 ; bul. № 12.
5. Sy`rotyuk V.M. Mashyny ta obladnannja dlya tvarynnyctva: navch. posib. / V. M.Syrotuk. – Lviv.: Magnoliya plus, 2004. – 204
6. Syrotuk V.M. Metodyka i aparatne zabezpechenia doslidgen parametriv vibracijnogo dozatora sypuchyh kormiv. / V.M. Syrotuk, S.V. Syrotuk, S.M. Khimka // Visnyk lvivskogo nacionalnogo agrarnogo universytetu «Agroingenerni doslidzenia» - № 13. т.1. – Lviv: LNAU, 2009. – 196-202
7. Syrotuk V. Aparatno-programnyj kompleks dlya eksperymental`ny`x doslidzen` energooshhadnogo dozatora kombikormiv / V. Sy`rotyuk, S. Sy`rotyuk, S. Ximka // Visnyk Lvivskogo nacionalnogo agrarnogo universytetu: agroinzhenerni doslidzhennja. – 2009. – # 13, т. 2. – 428–432
8. Syrotuk V. Obgruntuvannja parametriv vibracijnogo konusno-diskovogo dozatora kombikormiv / V. Sy`rotyuk, I. Drobot, S. Ximka // Visnyk xarkivskogo nacionalnogo universytetu im. P. Vasylenka: mexanizaciya silskogospodarskogo vyrobnyctva – 2010. – 93, т. 1. – 458-463.
9. Goshko M.O. Shlyahi zmeshennja energospozhivannja elektroprivodiv na prik-ladi tehnologichnogo protsesu kormopodrib-nennja / I.M. Drobot // Motrol. Motorization and power industry in agriculture. – Lublin, 2011. – vol. 13D. – 50-56.
10. Sirotyuk V.M. Eksperimentalne doslidzhennja rezhimiv roboti energooshhadnogo vibratsijnogo dozatora sipuchih kormiv / S.M. Himka // Motrol. Motorization and power industry in agriculture. – Lublin, 2011. – vol. 13D. – 62-68.
11. Sirotyuk V.M. Osoblivosti modelu-vannja elektromechanichnih sistem vitro-ustanovok maloyi potuzhnosti / Sirotyuk S.V. // Motrol. Motorization and power industry in agriculture. – Lublin, 2011. – vol. 13D. – 251–257.
12. Sirotyuk V.M. Uzgodzhennja parametriv akumuljatornoyi batareyi z parametrami elektrichnogo generatora VEU v umovah minlivosti vitrovogo potoku / V.P. Galchak, S.V. Sirotyuk, V.M. Boyarchuk, V.Yu. Vorobkevich // Motrol. Motorization and power industry in agriculture. – Lublin, 2011. – vol. 13D. – 217-222.
13. Sirotyuk V.M. Teoretichne viznachennja podachi vibratsijnogo energooshhadnogo dozatora sipuchih kormiv. / K.M. Vasyliv, S.M. Himka // Motrol. Motorization and power industry in agriculture. – Lublin, 2012. – vol. 14 №4. – 106-109.
14. Khimka S.M. Obgruntuvannja parametriv vibratsijnogo dozatora sypuchyh kormiv. – Na pravakh rukopysu. Dysertatsiya na zdobuttja naukovoho stupenja kandydata te-khnichnykh nauk za spetsialnistyu 05.05.11 – mashyny i zasoby mekhanizatsiyi silskogospodarskogo vyrobnyctva. – Lvivskyy natsionalnyy ahrarnyj universytet, Lviv, 2012, 151
15. Yakimets V.T. Distantyjniy zahist mashin zminnogo strumu. / I.M. Drobot, T.I. Bubnyak, M.O. Goshko // Motrol. Motorization and power industry in agriculture. – Lublin, 2012. – vol. 14 №4. – 160–164.
16. Yatsun A.M. Power of consumption and phase displacement between voltage and a current of the covering ring capacitor transducer over a conducting plate / A.M. Yatsun // Motrol. Commission of motorization and energetics in agriculture. – Lublin-Pzeszów, 2013. – vol. 15, No 4. – 206-211.
17. Zayka P.M. Vybracyonnoe peremeshhenye tverdyx sypuchyh materjalov v selskoxozyajstvennykh mashynax / Zayka Petr Mytrofanovych – K. : USXA, 1998. – 625
18. Vasienko P.M. Mexanizaciya y avtomatizaciya processov prygotovlenija y dozrovannja kormov / P.M. Vasilenko, Y.Y Vasilenko. – М. : Agropromyzdat, 1985. – 224.
19. Artyushyn A.A. Metodyka registryu y ocenky rasxoda materjalov pry uspytanju

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО
ДОЗАТОРА СЫПУЧИХ КОРМОВ

mashyn / Artyushyn A.A., Cherkun V.Ya. // Новое в методах усрытануј тракторов у селскохозуајственых машын. – М. : CzNYUTЭУ, 1976. – Вур. 19. – S. 137-145.

20. Melnykov S.V. Planуrovanye эспе-руmenta в yssledovanууах seskohoзуајствен-ных processov / S.V. Melnykov, V.R. Aleshkyn, P.M. Roshhyn. – L. : Kolos, 1980. – 168.

**RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDY
OF ENERGY SAVING DOZATOR LOOSE
FORAGES**

Summary. The results excluding of influence a full factorial experiment factors on the feed of feed of loose dose.

Key words: vibrating dozator, criterion optimization, factor, dispersion diagram of the results.

АНАЛИЗ БАЛАНСА МОЩНОСТИ ФРЕЗЕРНОГО КУЛЬТИВАТОРА С ВИБРАЦИОННЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ

Александр Ферендюк

Тернопольский национальный технический университет им. Ивана Пулюя, Украина

Oleksandr Ferendiuk

Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ukraine

Аннотация. Для обеспечения снижения энергозатрат при возделывании почвы фрезерным культиватором, его рабочие органы должны сочетать возможность колеблемого и обратного движения. В работе предложенный вибрационный рабочий орган фрезерного культиватора и выведены зависимости для потребляемой мощности и удельной энергоемкости процесса фрезерования почвы.

Ключевые слова: почва, мощность, фрезерный культиватор, энергоемкость.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

На обрабатывание почвы при сельскохозяйственном производстве, по разным источникам, приходится приблизительно 70% всех расходов энергии. Это приводит к существенным расходам материальных ресурсов. Кроме того, данный вопрос имеет еще и иную плоскость – сохранение плодородия почв [3]. Эти вопросы очень взаимосвязаны, поскольку большое стремление повысить производительность ведет за собой использования более мощных энергосредств, которые имеют высокий вес и крайне негативно действуют на почву. Поэтому снижение тяговых сопротивлений, в первую очередь, и других энергетических расходов на выполнение технологического процесса возделывания почвы имеет прямое отношение к сохранению плодородия почв и снижения себестоимости выращенной продукции.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Анализ использования почвообрабатывающих машин с ротационными рабочими органами позволяет утверждать, что в подавляющем большинстве случаев они показывают высокое качество работы по таким технологическим показателям, как

измельчение и закладка растительных остатков, взрыхления (крошение) почвы, перемешивания почвы с минеральными удобрениями.

Этот тип машин получил широкое приложение при выполнении следующих видов технологических операций связанных с обработкой почвы [5, 16]: предпосевная обработка; обработка задерневших минеральных и торфяных почв кормовых угодий; междурядная обработка гребенных посадок картофеля.

Однако значительные расходы мощности на фрезерование и значительные динамические нагрузки рабочего процесса, которые возникают при их работе, является основным сдерживающим фактором более широкого их использования.

По данным известных исследователей [8, 15, 18], качество и энергоемкость обработки почвы зависят от направления вращения (прямое, обратное), конструктивных, технологических и кинематических параметров активных рабочих органов.

Из анализа работ [1, 2] можно сделать вывод о целесообразности прямого вращения при фрезеровании почвы. В этом случае создается подталкивающее усилие, которое уменьшает тяговое сопротивление и общую мощность.

Среди научно-исследовательских работ, посвященных исследованию ротационных почвообрабатывающих машин и рабочих органов, практически отсутствующие исследования изучения вибрационных рабочих органов, а именно влияния работы вибрационных фрезерных рабочих органов на качество возделывания почвы и уменьшения энергоемкости процесса фрезерования.

ПОСТАНОВКА ЗАДАНИЯ

Цель работы – разработать вибрационный рабочий орган фрезерного культиватора, и

вывести зависимости для потребляемой мощности и удельной энергоёмкости процесса фрезерования почвы с новым рабочим органом.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

В работе предлагается разработка вибрационного рабочего органа фрезерного культиватора (рис.1) [4, 7, 17].

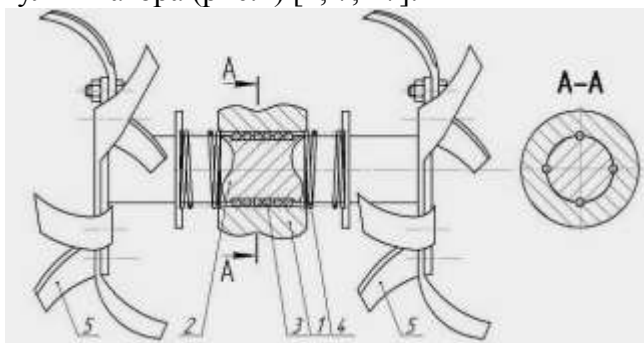


Рис. 1. Принципиальная схема секции фрезерного культиватора для междурядного возделывания почвы : 1 – опора, 2 – вал, 3 – шарики, 4 – пружина, 5 – фреза
 Fig. 1. Scheme of used for inter - row tillage milling cultivator: 1 – support 2 – shaft, 3 – balls, 4 – the spring, 5 – mills

Особенностью данной конструкции является то, что колебания рабочих органов возбуждаются не специальным механизмом, который еще и сам потребляет энергию, а вызываются работой самого рабочего органа. Принципиальная схема разработки представлена на рис. 1. Ее суть заключается в следующем. Горизонтальный вал 2 крепится в опоре 1 и имеет возможность осуществлять перемещение вместе с рабочими органами – фрезами 5 в осевом направлении. Осевые силы возникают за счет криволинейности поверхностей ножей фрезы 5 при поочередном прохождении их в почве. Ограничение хода вала 2 осуществляют пружины 4, которые и возбуждают колебание (вибрации) вала 2 при выведении его осевыми силами из состояния равновесия. Передачу крутящего момента и движение вала 2 в осевом направлении обеспечивает шариковая муфта.

Таким образом, частота колебаний будет зависеть от количества установленных ножей на барабане и частоты его вращения, амплитуда – от допустимого хода сжимания пружины, жесткость которой подбирается в зависимости к твердости почвы. Это позволит

облегчить процесс резания почвы и повысит качество самоочистки самого рабочего органа.

При работе почвообрабатывающей фрезы с горизонтальной осью вращения необходимую мощность для работы машины определяют за формулой:

$$N = N_{piz} + N_{oid} + N_{nep} + N_{mp} - N_{niod} \cdot (1)$$

где: N_{piz} – мощность на резание почвы, кВт

N_{oid} – мощность на отбрасывание почвы, кВт;

N_{nep} – мощность на перемещение машины, кВт;

N_{mp} – мощность на преодоление сил сопротивления в механизмах повода культиватора, кВт;

N_{niod} – мощность на преодоление сопротивления подталкивающего усилия F_x , кВт.

Знак минус впереди составляющей N_{niod} значит, что при обычном вращении фрезерного барабана сверху «вниз» указанная составляющая мощности не увеличивает общую мощность N , а уменьшает, поскольку сила F_x подталкивает фрезерный барабан и в целом культиватор вперед по направлению его поступательного движения.

Составляющие правой части уравнения (1) можно разбить на три группы мощностей, которые объединяются общими признаками, а именно мощность на фрезерование N_{ϕ} :

$$N_{\phi} = N_{piz} + N_{oid} \cdot (2)$$

Мощность для повода вала фрезерного барабана, мощность, которая тратится на создание силы тяги машинотракторного агрегата с почвой N_m :

$$N_m = N_{nep} - N_{niod} \cdot (3)$$

Тогда выражение (1) примет упрощенный вид:

$$N = N_{\phi} + N_m + N_{mp} \cdot (4)$$

Рядом авторов [6, 11, 14, 15], полученные формулы для определения величин составных, которые входят в правую часть уравнения (4). Некоторые из них (N_{ϕ}) однако, не могут быть использованы для практического расчета из-за отсутствия достоверных значений коэффициентов,

АНАЛИЗ БАЛАНСА МОЩНОСТИ ФРЕЗЕРНОГО КУЛЬТИВАТОРА С ВИБРАЦИОННЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ

которые входят в формулы для их определения.

Точное определение мощности на фрезерование почвы возможно лишь на основе динамометрирования фрезерного барабана в реальных условиях, причем в зависимости от свойств почвы, глубины возделывания, режима работы и ширины фрезы, формы рабочих органов и остроты их лезвий потребляемая культиватором мощность будет изменяться в очень широких пределах.

Поэтому для определения мощности N_ϕ можно воспользоваться известной зависимостью:

$$N_\phi = M_{кр} \cdot \omega_\phi \cdot 10^{-3} \quad (5)$$

В данном случае значение крутящего момента $M_{кр}$ (Нм), на валу фрезерного барабана, определяется с помощью динамометра.

Выражая угловую скорость фрезерного барабана ω_ϕ (рад/с) через частоту вращения n_ϕ (мин⁻¹), то есть

$$\omega_\phi = \frac{\pi \cdot n_\phi}{30},$$

тогда выражение (5) примет вид:

$$N_\phi = \frac{M_{кр} \cdot n_\phi}{9549} \quad (6)$$

Далее рассмотрим анализ составляющих необходимой мощности, а именно N_m и $N_{мр}$ с учетом специфики конструкции и особенностей работы фрезерного культиватора.

В общем виде, мощность N_m будет определяться зависимостью:

$$N_m = M_{крк} \cdot \omega_\kappa \cdot 10^{-3}, \quad (7)$$

где: $M_{крк}$ – крутящий момент, на валу ходовых колес, Нм;

ω_κ – угловая скорость ходовых колес, рад/с.

Выражая угловую скорость ω_κ через поступательную скорость движения машины v_n , с учетом того, что $\omega_\kappa = 2 \cdot v_n / D_\kappa$ зависимость (7) примет вид:

$$N_m = \frac{2 \cdot M_{крк} \cdot v_n \cdot 10^{-3}}{D_\kappa}, \quad (8)$$

где: D_κ – диаметр ходовых колес, м.

С учетом сил, что действуют на машинно-тракторный агрегат для крутящего момента $M_{крк}$, получим следующую расчетную зависимость:

$$M_{крк} = (F_{ок} - F_x) \cdot \frac{D_\kappa}{2}, \quad (9)$$

где: $F_{ок}$ – сила сопротивления перекачиванию колес, Н;

F_x – подталкивающая сила фрезерного барабана, Н.

Силу сопротивления перекачиванию согласно рекомендациям [9, 10, 12, 13], можно определить за формулой:

$$F_{ок} = \mu \cdot F_\kappa, \quad (10)$$

где: μ – коэффициент сопротивления качению колес;

F_κ – сила веса машинно-тракторного агрегата на осе ходовых колес, Н.

Для определения коэффициента μ согласно [15], рекомендуется использовать формулу Гранвуане-Горячкина:

$$\mu = \sqrt[3]{\frac{F_\kappa}{q \cdot D_\kappa^2 \cdot b_\kappa}}, \quad (11)$$

где: q – коэффициент объемного зминання почвы, Н/м³;

b_κ – ширина колеса, м.

Таким образом, после подставления (11) в (10) и превращений, получим:

$$F_{ок} = \sqrt[3]{\frac{F_\kappa^4}{q \cdot D_\kappa^2 \cdot b_\kappa}}. \quad (12)$$

Для определения силы F_κ используем зависимость:

$$F_\kappa = F_g \cdot$$

$$\left[1 - \frac{l_1}{l_n \cdot \sin \left[\arccos \left(\frac{D_\kappa - D_\phi + 2 \cdot h}{2 \cdot l_n} \right) \right]} \right], \quad (13)$$

где: F_g – сила тяжести машинно-тракторного агрегата, Н;

l_1 – расстояние между осями колес и фрезерного барабана, м;

l_2 – расстояние от центра веса машино-тракторного агрегата к оси ходовых колес, м;

δ – угол наклона рамы к вертикальной оси, град;

D_ϕ – диаметр фрезерного барабана, м.

Учитывая зависимость (13), при

$$\frac{l_1}{l_n \cdot \sin \left[\arccos \left(\frac{D_k - D_\phi + 2 \cdot h}{2 \cdot l_n} \right) \right]} = K_1$$

и соответствующих превращений, зависимость (9) примет следующий вид:

$$M_{крк} = \left(\sqrt[3]{\frac{F_g^4 \cdot (1 - K_1)^4}{q \cdot D_k^2 \cdot b_k} - F_x} \right) \cdot \frac{D_k}{2} \quad (14)$$

После подставления (14) в (8) получим:

$$N_m = \left(\sqrt[3]{\frac{F_g^4 \cdot (1 - K_1)^4}{q \cdot D_k^2 \cdot b_k} - F_x} \right) \cdot v_n \cdot 10^{-3} \quad (15)$$

Мощность на преодоление сил сопротивления в механизмах можно определить по формуле:

$$N_{mp} = (N_\phi + N_m) \cdot (1 - \eta_n) \quad (16)$$

где: η_n – общий КПД.

С учетом ранее полученных расчетных зависимостей (6) и (15) и превращений уравнения (16) примет вид:

$$N_{mp} = (1 - \eta_n) \cdot \left[\frac{M_{кр} \cdot n_\phi}{9549} + \left(\sqrt[3]{\frac{F_g^4 \cdot (1 - K_1)^4}{q \cdot D_k^2 \cdot b_k} - F_x} \right) \cdot v_n \cdot 10^{-3} \right] \quad (17)$$

Таким образом, подставляя зависимости (6), (15) и (18) в (4) и сделав необходимые превращения, получим формулу для расчета необходимой мощности:

$$N = (2 - \eta_n) \cdot \left[\frac{M_{кр} \cdot n_\phi}{9549} + \left(\sqrt[3]{\frac{F_g^4 \cdot (1 - K_1)^4}{q \cdot D_k^2 \cdot b_k} - F_x} \right) \cdot v_n \cdot 10^{-3} \right] \quad (18)$$

Для определения энергоёмкости процесса возделывания почвы используем зависимость:

$$E_{nm} = \frac{N}{W_v} \quad (19)$$

где: E_{nm} – удельная энергоёмкость, $кВт \cdot год / м^3$;

W_v – объемная производительность, $м^3/час$.

Значение объемной производительности W_v определяем по формуле:

$$W_v = 3600 \cdot B \cdot v_n \cdot h \quad (20)$$

где: B – ширина захвата машины, м;

v_n – поступательная скорость, м/с;

h – глубина возделывания, м.

Тогда с учетом (18) и (20) зависимость (19) будет выглядеть:

$$E_{nm} = \frac{(2 - \eta_n)}{3600 \cdot B \cdot v_n \cdot h} \cdot \left[\frac{M_{кр} \cdot n_\phi}{9549} + \left(\sqrt[3]{\frac{F_g^4 \cdot (1 - K_1)^4}{q \cdot D_k^2 \cdot b_k} - F_x} \right) \cdot v_n \cdot 10^{-3} \right] \quad (21)$$

ВЫВОДЫ

В результате реализации вибрационных рабочих органов получается значительное снижение момента на повод рабочих органов за счет дополнительных вибраций, а следовательно и снижается общая мощность на привод машины. Кроме того, улучшается очистка рабочих органов и соответственно качество их работы.

Полученные уравнения (18), (21) отображают зависимость общей мощности и удельной энергоёмкости при выполнении технологической операции по возделыванию почвы с учетом технологических параметров, свойств почвы и конструктивных особенностей машинно-тракторного агрегата.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Bok N.B. Ob opredeleny uhla ustanovky rabochykh orhanov frez /N.B. Bok. – Traktoru y sel'khoz mashynu. – 1964. – №9. – 23 – 24.
2. Bok N.B. Opredelenye osnovnykh parametrov pochvennykh frez / N.B. Bok. – Traktoru y sel'khoz mashynu. - 1965 – №7. – 30 – 32.
3. Halanets V. 2013 Razvytye ahrarynoy polytyky v Ukrainy v uslovyakh ekonomy chesko ho kryzysa / V. Halanets. – MOTROL. Motoryzacja i enerhyetyka rolnictva, Lublin, Tom 15_4, 159–166.

АНАЛИЗ БАЛАНСА МОЩНОСТИ ФРЕЗЕРНОГО КУЛЬТИВАТОРА С ВИБРАЦИОННЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ

4. Deklaratsiynyy patent na korysnu model' UA 36850 A01B 35/28 Robocha sektsiya frezernoho kul'tyvatora / Rybak T.I., Babiy A.V., Ferendyuk O.V., Popovych P.V., zayavleno 19.05. 2008 opublikovano 10.11.2008 Byuleten' № 21.
5. Zamoys'ka K.V. Osnovni napryamky rozrobky rotornykh gruntoobrobnykh znaryad' // Visnyk Kharkivs'koho derzhavnoho tekhnichnoho universytetu sil's'koho hospodarstva. Vyp. 17. – Kharkiv: KhDTUS-H, 2003. – 113–117.
6. Kanarev F.M. Rotatsyonnye pochvoobrabatyvayushchye mashyny y orudyya / F.M. Konarev. – M.: Mashynostroenye, - 1983. – 142.
7. Kolbasa V. 2011. Fyzycheskye uravnenyya deformirovaniya pochvy s sushchestvennym proyavlenyem vyzkoplastychnykh svoystv / V.Kovbasa., O. Huzol, V. Kurka. - MOTROL. Motoryzacja i energetyka rolnictwa, Lublin, Tom 13, 145-155.
8. Matyashyn Yu.Y. Teoryya y raschet rotatsyonnykh pochvoobrabatyvayushchykh mashyn / Yu.Y. Matyashyn, Y.M. Hrynychuk, L.H. Naumov [y dr.]. – Kazan': Tatar, kn. yzd-vo, 1999. – 186.
9. Naumets N.Y.K. opredelenyyu tyahovykh usulyu, neobkhodymykh dlya peredvyzhenyya traktorov / N.Y. Naumets // Traktoru y sel'khoz mashynu. – 1958. - № 1. – 7–8.
10. Nafykov M.Z. Raschet soprotivlenyya dvyzhenyyu traktora / M.Z. Nafykov, Y.S. Polyakov // Traktoru y sel'khoz mashynu. – 1968. – № 1. – 14–16.
11. Ovsyannykov S. 2013 Enerhetycheskye zatraty operatora pry upravlenyyu motoahrehatom / S. Ovsyannykov. - MOTROL. Motoryzacja i energetyka rolnictwa, Lublin, Tom 15_7, 43–48.
12. Poletaev A.F. Kachenye vedomoho koleasa / A.F. Poletaev // Traktory i sel'khoz mashynu. – 1963. – № 2. – 5 – 7.
13. Poletaev A.F. Kachenye vedushcheho koleasa / A.F. Poletaev // Traktoru y sel'khoz mashynu. – 1964. – № 1. – 11 – 15.
14. Poltavtsev Y.S. Frezernue kanavo-kapately / Y. S. Poltavtsev. – Kyev: Mashhyz, – 1954. – 130.
15. Syneokov H.N. Teoryya y raschet pochvoobrabatyvayushchykh mashyn / H.N. Syneokov, Y.M. Panov. – M.: Mashynostroenye, 1977. – 328.
16. Chatkyn M.N. Povushenye efektyv -nosty funktsyonyrovaniya kombynyro-vannukh pochvoobrabatyvayushchykh mashyn s rotatsyonnumy aktyvnumy rabochymy orhanamy: avtoref. dys. .. dok. tekhn. nauk / M.N. Chatkyn. – Saransk, 2008. – 40.
17. Ferendyuk O.V. Rozrobka pryntsyповoyi skhemy vibratsiynoho frezernoho kul'tyvatora / O.V.Ferendyuk, A.V. Babiy. – Materialy 5-ho mizhnarodnoho forumu molodi «Molod' ta sil's'kohospodars'ka tekhnika u KhKhI storichchi, Kharkiv, 2–3 kvitnya 2009r., 30.
18. Yatsuk E.P. Rotatsyonnye pochvoobrabatyvayushchye mashynu / E.P. Yatsuk, Y.M. Panov, D.N. Efymov [i dr.]. – M.: Mashynostroenye, 1971. – 255.

ANALYSIS POWER BALANCE OF MILLING CULTIVATOR WITH VIBRATING WORKING BODIES

Summary. This paper proposed a working body of vibration cultivator. Depending derived for power consumption and specific energy process of soil milling.

Key words: soil, power, milling cultivator, energy.

ОБОСНОВАНИЕ СХЕМЫ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ДИЭЛЬКОМЕТРИЧНОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА МОЛОКА

Василь Якимець, Тарас Бубняк, Иван Дробот

Львовский национальный аграрный университет, Украина

Vasiliy Yakimec', Taras Bubnyak, Ivan Drobot

Lviv National Agrarian University, Ukraine

Аннотация: Проанализирован вопрос построения измерительной схемы высокочастотного диэлькометричного анализатора жирности молока. Обоснованно использование метода модуляции параметров измерительного резонансного контура для раздельного измерения реактивной составляющей полной проводимости емкостного первичного преобразователя жирности молока.

Ключевые слова: молоко, жирность, измерение, поляризация, емкость, диэлькометрия.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В условиях современных технологий и рыночных отношений, когда качество молока непосредственно влияет на его себестоимость и цену, важно оперативно определить показатели качества. Это позволит контролировать и оптимизировать ход текущего производства молочной продукции, формировать рациональные партии молока на переработку, учесть биологические свойства животных.

Приборы экспрессного контроля параметров качества молока являются неотъемлемой частью информационно измерительных и управляющих систем в технологических процессах производства и переработки молочной продукции. Эти приборы должны удовлетворять следующие условия: постоянный контроль с заданной точностью; совместимость с современными микропроцессорными системами в аппаратном выполнении и программном обеспечении; отсутствие влияния на технологический процесс; простота обслуживания, экономичность, экологичность и высокая надежность.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Обзор методов измерения качественного состава молока показывает, что отсутствуют простые и дешевые промышленные средства контроля. В этой связи, в фермерских хозяйствах такой контроль почти не проводится. На перерабатывающих предприятиях контроль осуществляется в лабораториях. Чаще всего используются традиционные химические методы, которые трудоемки и долговременны. Приборы, работа которых базируется на инструментальных методах: ИК – спектроскопии, ультразвуковому, турбодиметричному, флуориметричному – сложные и дорогие.

Из всех рассмотренных методов контроля наиболее перспективным оказался высокочастотный диэлькометричный метод. Быстродействие и точность, относительная простота и надежность, определяют актуальность этого метода для практического применения.

Однако, молоко имеет очень большую удельную проводимость, которая резко снижает добротность измеряемой ячейки. Последний фактор создает серьезные трудности для реализации диэлькометричных анализаторов параметров качества молока, в том числе, жирности.

ПОСТАНОВКА ЗАДАНИЯ

Обосновать и разработать схему измерителя жирности молока на базе высокочастотного диэлькометричного метода.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Предпосылкой измерения параметров качества молока диэлькометричным методом является зависимость диэлектрической проницаемости молока от содержания в нем жира (2–6%), казеина (2,8–3,2%), углеводов (4,7–4,8%), молочного сахара и солей.

Количество жира в молоке меняется от 2% до 6%, а количественный состав других компонентов практически стабилен, поэтому проводить оперативный контроль этих других компонентов нецелесообразно.

Основой диэлькометричного метода является резонансный принцип, функционирование которого показано на рис. 1, где C_x и R_x параметры емкостного первичного преобразователя (ЕПП), который включен в частотно-задающую цепь измерительного генератора 1 и определяют его частоту; 2 – образцовый генератор; 3 – частотный детектор, частота f на выходе которого несет информацию об измерительном параметре.

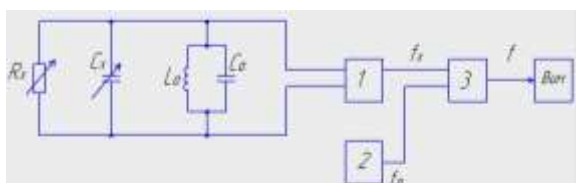


Рис. 1. Структурная схема превращения емкости в частоту резонансным методом
Fig. 1. Structural scheme of transformation of capacity into frequency with resonance method

Как было отмечено, молоко имеет очень большую удельную проводимость (малое значение R_x) и добротность ЕПП может быть очень малой ($Q = \omega C_x \cdot R_x < 1$), что делает невозможным непосредственное использование резонансных методов для измерения жирности молока.

Уменьшить влияние R_x на величину добротности можно путем изоляции электродов емкостного первичного преобразователя. Однако, как показывает анализ за упрощенной схемой замещения ЕПП, влияние активной проводимости сохраняется.

$$y = \frac{\omega^2 R_x C_o^2}{1 + \omega^2 R_x^2 (C_x + C_o)^2} + j \frac{\omega C_o + \omega^3 C_x R_x^2 C_o (C_o + C_x)}{1 + \omega^2 R_x^2 (C_o + C_x)^2} \quad (1)$$

Полная проводимость является функцией как реактивной составляющей C_x , так и активной составляющей R_x , а эквивалентная емкость C_e на выходе схемы, которая является информативным параметром.

$$C_e = \frac{C_o + \omega^2 C_x R_x^2 C_o (C_o + C_x)}{1 + \omega^2 R_x^2 (C_x + C_o)} \quad (2)$$

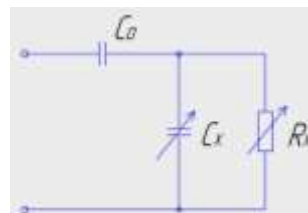


Рис. 2. Упрощенная схема замещения ЕПП (Co – емкость изоляции)
Fig. 2. Simplified scheme of substitution of CRT

То есть, влияние R_x на исходный сигнал сохраняется. В этой связи поставлена задача отдельного измерения реактивной составляющей полной проводимости ЕПП. Разработан анализатор жирности молока на базе схемы с модуляцией параметров измерительного резонансного контура. Особенностью схемы является то, что ЕПП подсоединяется не в частотно задающую цепь измерительного генератора, а к измерительному резонансному контуру (ИРК) (рис. 3), на вход которого подается высокочастотное напряжение ($f = 1\text{МГц}$) от кварцевого автогенератора Г.

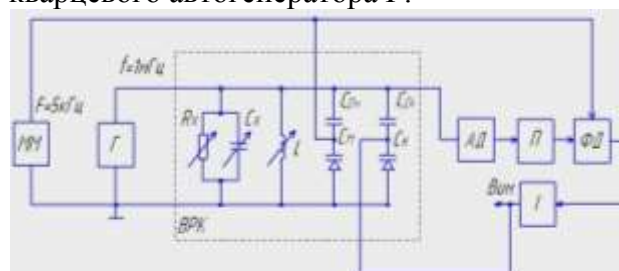


Рис. 3. Функциональная схема измерителя с измерительным резонансным контуром
Fig. 3. Functional scheme measurer with measuring resonance contour

R_x, C_x – параметры ЭПП; L – индуктивность; C_m – модулирующая емкость – варикап; C_{cr} – компенсирующая емкость – варикап; C_{crk} – разделяющие конденсаторы; MM – модулятор – мультивибратор; AD –

ОБОСНОВАНИЕ СХЕМЫ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ДИЭЛЬКОМЕТРИЧНОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА МОЛОКА

амплитудный детектор; Π – усилитель с большим коэффициентом усиления; $\PhiД$ – фазовый детектор (схема совпадения); I – интегратор.

На модулирующую емкость подается импульсное напряжение ($f=5\text{кГц}$) от модулятора – мультивибратора, а на компенсирующую емкость напряжение обратной связи из выхода схемы. Параметры схемы (ИРК) выбираются так, чтоб при отсоединенной модуляционной емкости C_m полная проводимость схемы имела индуктивный характер, то есть:

$$\frac{1}{\omega L} > \omega(C_x + C_k). \quad (3)$$

где: C_k – компенсирующая емкость.

При подсоединенной емкости C_m полная проводимость имеет емкостный характер:

$$\frac{1}{\omega L} > \omega(C_x + C_k + C_m). \quad (4)$$

Величина емкости C_m выбирается так, чтобы выполнялось равенство:

$$\left| \omega(C_x + C_k) - \frac{1}{\omega L} \right| = \left| \omega(C_x + C_k + C_m) - \frac{1}{\omega L} \right|. \quad (5)$$

В таком случае напряжение основной частоты измерительного контура не будет моделироваться подсоединением C_m .

Состояние схемы, которая отвечает последнему условию, отвечает состоянию равновесия, при котором параметры контура связаны соотношением:

$$\begin{aligned} |y| &= |y'|, \text{ или} \\ \left| \frac{1}{R_x} + j \left[\omega(C_x + C_k) - \frac{1}{\omega L} \right] \right| &= \\ = \left| \frac{1}{R_x} + j \left[\omega(C_x + C_k + C_m) - \frac{1}{\omega L} \right] \right|. \end{aligned} \quad (6)$$

Отсюда определяется значение измеренной емкости:

$$C_x = \frac{\omega(C_k + \frac{1}{2}C_m) - \frac{1}{\omega L}}{\omega}. \quad (7)$$

Таким образом, измеряемая емкость не зависит от активных потерь, то есть от R_x . Схема позволяет автоматизировать измерение C_k , которая является мерой измеряемой емкости C_x , путем поддержания динамического равновесия измерительного резонансного контура.

Приведенная схема (рис. 2) позволяет повысить чувствительность к изменению C_x в сравнение с обычными резонансными схемами.

Повышение чувствительности проиллюстрировано с помощью рис. 4.

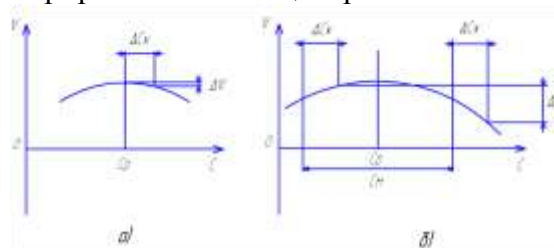


Рис. 4. Зависимость исходного сигнала от изменения емкости ЕПП, где:

а) – в схеме без модуляции; б) – в схеме с модуляцией; C_p – суммарная емкость контура, который отвечает условию равновесия (резонансной частоте – частоте кварцевого автогенератора)

Fig. 4. Dependence of initial signal on changing of capacity CPT:

а) – in scheme without modulation; б) – in scheme with modulation; C_p – summative capacity contour corresponding to conditions of balance (resonance frequency – frequency of quartz oscillator)

ВЫВОДЫ

Сравнивая рис. 4, а и 4, б видно, что при одинаковых приростах измеряемой емкости, прирост напряжения для схемы с модуляцией параметров ИРК намного больший.

Работоспособность измерительной схемы, как показала производственная проверка, сохраняется во всем диапазоне изменения электрофизических характеристик молока.

Предложена схема принятая за основу реализации высокочастотного диэлькометричного измерителя жирности молока.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Brusilovskij K.P. Insrtumental'nye metody i jekspress – analizatory dlja kontrolja sostava i kachestva moloka i molochnyh produktov. – М.: Molochnaja promyshlennost', 1997.
2. Jakubchik O.N. Problemy kontrolja kachestva moloka. Molochnaja promyshlennost' № 7, 1995.
3. A.S № 842541 Emkostnyj preobrazovatel' vlazhnosti. V.T. Jakimec' i dr. Opubl.30.06.81, Вjul. № 24.

4. Experience with the Remote Field Eddy Current Technique / Schmidt T.R., Atherton D.L., Sullivan S. // Proc. of 3rd Nat. Sem. On Nondestructive Evaluation of Ferromagnetic Materials, Houston, March 23–25th, 1988. – 1988. – 89–97.
5. Remote Field Eddy Current Defect Interaction, GRI Final Report GRI-95/0506. December 1995. Atherton D.L., Clapham L., Czura W., Mergelas B.J., Smith S., Winslow J., Zhang Y. – Gas Research Institute. – 1995. – 125.
6. Delivery Reliability for Natural Gas – Inspection Technologies. Technical Semiannual Progress Report DE-FC26-04NT42266. – Gas Technology Institute. – 2005. – 215.
7. Yatsun M.A. Razrabotka teoryi jekranyrovannykh vykhretokovykh preobrazovateley i ikh pryomenenye dlya kontrolya trub neftyanoho sortamenta // DySSERTatsyya na soyskanye uchenoy stepeny doktora tekhnicheskyykh nauk. – Yvano-Frankovsk, 1983. – 374.
8. Yatsun A. Vydilennya informatsiyi vykhrostrumovoho peretvoryuvacha na elementakh pervynnoho vymiryuval'noho kola u perekhidnomu rezhymi / M. Yatsun, A. Yatsun // Teoretychna elektrotehnika. 2005. Vyp. 58. – 183-188.
9. Yatsun A.M. Chutlyvist' kharakterystyk vlasnykh zahasayuchykh kolyvan' perekhidnoyi napruhy nakladnoho vykhrostrumovoho peretvoryuvacha nad ob'yektom kontrolyu u formi plastyny do yiyi mahnitnoyi pronyknosti i elektrychnoyi providnosti/ M.A. Yatsun, A. M. Yatsun // Visnyk NU «L'vivs'ka politehnika». 2008. # 615. – 176-181.
10. Yatsun A.M. Chutlyvist' informatyvnykh velychyn do fizychnykh parametriv obyektu pry kontroli impul'snym vykhrostrumovym metodom / M. A. Yatsun, A.M. Yatsun // Zbirnyk tez dopovidey 5–yi Mizhnarodnoyi naukovo-tekhnichnoyi konferentsiyi i vystavky “Suchasni pryklady, materialy i tekhnolohiyi dlya neruynivnoho kontrolyu i tekhnichnoyi diahnostyky mashynobudivnoho i naftohazopromyslovoho obladnannya”, 2-5 hrudnya 2008 r., – Ivano-Frankivs'k.: Vydavnytstvo Ivano-Frankivs'koho natsional'noho tekhnichnoho universytetu nafty i hazu, 2008. – 133–135.
11. Jacun Andrij. The magnetic field of screen cylindrical winding at the ferromagnetic core / Andrij Jacun, Mychajlo Jacun, Mycoła Skokljuk // XX SPETO'97, Vo1.2, – Gliwice.: USTRON', 1997. – 155-158.
12. Yatsun Andriy. The current distribution at the squirrel-cage induction motor rotor winding by the local defects determination electromagnetic method / Andriy Yatsun, Mychaylo Yatsun // XXI SPETO'98, – Gliwice.: USTRON', 1998. – 409-410.
13. Yatsun A.M. The pulsations of currents in the stator windings of induction motor when defects are presence in bars of rotor / A.M. Yatsun // Motrol. Motorization and power industry in agriculture. – Lublin, 2011. – vol. 13D. – 203-209.
14. Goshko M.O. Shlyahi zmeshennya energospozhivannya elektroprivodiv na prikladi tehnologichnogo protsesu kormopodribnennya / I.M. Drobot // Motrol. Motorization and power industry in agriculture. – Lublin, 2011. – vol. 13D. – 50-56.
15. Sirotyuk V.M. Eksperimentalne doslidzhennya rezhimiv roboti energooshchadnogo vibratsiyynogo dozatora sipuchih kormiv / S.M. Himka // Motrol. Motorization and power industry in agriculture. – Lublin, 2011. – vol. 13D. – 62–68.
16. Sirotyuk V.M. Osoblivosti modelyuvannya elektromechanichnih sistem vitroustanovok maloyi potuzhnosti / Sirotyuk S.V. // // Motrol. Motorization and power industry in agriculture. – Lublin, 2011. – vol. 13D. – 251–257.
17. Sirotyuk V.M. Uzgodzhennya parametriv akumul'yatornoyi batareyi z parametrami elektrichnogo generatora VEU v umovah minlivosti vitrovogo potoku / Galchak V.P., Sirotyuk S.V. Boyarchuk V.M., Vorobkevich V.Yu. // Motrol. Motorization and power industry in agriculture. – Lublin, 2011. – vol. 13D. – 217–222.
18. Sirotyuk V.M. Teoretichne viznachennya podachi vibratsiyynogo energooshchadnogo dozatora sipuchih kormiv. / K.M. Vasylyiv, S.M. Himka // Motrol. Motorization and power industry in agriculture. – Lublin, 2012. – vol. 14 №4. – 106–109.
19. Yakimets V.T. Distantyyniy zahist mashin zminnogo strumu. / I.M. Drobot, T.I. Bubnyak, M.O. Goshko // Motrol. Motorization and power

ОБОСНОВАНИЕ СХЕМЫ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ДИЭЛЬКОМЕТРИЧНОГО
ИЗМЕРИТЕЛЯ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА МОЛОКА

industry in agriculture. – Lublin, 2012. – vol. 14
№4. – 160 – 164.

20. Yatsun A.M. Power of consumption and
phase displacement between voltage and a
current of the covering ring capacitor transducer
over a conducting plate / Яцун А.М. // Motrol.
Commission of motorization and energetics in
agriculture. – Lublin-Pzeszów, 2013. – vol. 15
No 4. – 206 – 211.

**GROUND OF CHART OF HIGH-
FREQUENCY DIELECTRIC
MEASURING DEVICE OF PARAMETERS
OF QUALITY OF MILK**

Summary: The question of construction of
measuring chart of highly-frequency
dielectric analyzer of adiposeness
of milk is analysed. Grounded the use of method
of modulation of parameters of measuring
resonance contour for the separate measuring
the reactive constituent of complete
conductivity of capacity primary transformer of
adiposeness of milk.

Key words: milk, adiposeness, measuring,
polarization, capacity, dielectric.

ВЕКТОРНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ПРОХОДНОГО КОЛЬЦЕВОГО ВИХРЕТОКОВОГО ПЕРВИЧНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО И ТРАНСФОРМАТОРНОГО ТИПОВ В ПРОВОДЯЩЕЙ ТРУБЕ

Андрей Яцун

Львовский национальный аграрный университет, Украина

Andrii Yatsun

Lviv National Agrarian University, Ukraine

Аннотация. Определен преобразованный по Лапласу векторный потенциал магнитного поля экранированной кольцевой цилиндрической катушки прямоугольного поперечного сечения с током произвольной формы, которая используется в качестве первичного преобразователя проходного типа для диагностирования технического состояния внутренней поверхности трубопроводов.

Ключевые слова: векторный потенциал, вихревые токи, преобразование Лапласа, первичный преобразователь, диагностирование трубопроводов

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Диагностирование технического состояния магистральных трубопроводов (газопроводов) требует определения фактической толщины стенки трубопровода, выявления дефектов типа нарушение цельности и определение профиля его поверхности. При внутритрубной технической диагностике [1–6] используются интеллектуальные поршни, разработанные на основе вихретокового, магнитного и акустического (ультразвукового) методов контроля. При вихретоковом и магнитном методах контроля первичный проходной преобразователь параметрического или трансформаторного типа обычно имеет (может иметь) форму цилиндрической катушки с прямоугольной формой поперечного сечения и ориентируется (расположенный) соосно с контролируемой трубой. Поэтому актуальной является задача расчета магнитного поля проходного экранированного вихретокового первичного преобразователя параметрического и трансформаторного типов, расположенных внутри контролируемой трубы.

Вихретоковый метод контроля дает возможность выявить поверхностные

трещины с малым раскрытием и дефекты расслоения металла трубопровода. Значительными недостатками вихретокового метода контроля является его недостаточное быстродействие для современных скоростей движения внутритрубных поршней, значительная зависимость чувствительности контроля от расстояния между возбуждающей катушкой и объектом контроля и неглубокое проникновение вихревых токов в объект контроля (в зависимости от частоты возбуждения).

Эти вопросы (особенности) и рассматриваются в данной статье.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Известный метод [4, 5], когда магнитное поле возбуждающей катушки на расстоянии двух и более диаметров трубы регистрируется сенсорными катушками. Наличие любых дефектов около сенсорной катушки будет влиять на электромагнитные колебания, которые проникают в стенку трубопровода. Точность метода находится на уровне метода измерения магнитного потока. Для него также характерны такие недостатки как небольшое быстродействие и существенное энергопотребление.

ПОСТАНОВКА ЗАДАНИЯ

Целью исследования является получение выражения для преобразованного по Лапласу векторного потенциала магнитного поля экранированной кольцевой цилиндрической катушки прямоугольного поперечного сечения с током произвольной формы, которая используется в качестве первичного преобразователя (датчика) для диагностирования технического состояния внутренней поверхности трубопроводов.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Расчетная модель проходного экранированного вихретокового первичного преобразователя параметрического и трансформаторного типов, расположенных внутри контролируемой трубы показана на рис. 1. Здесь приняты следующие обозначения: i_0 и δ_{01} – ток и плотность тока в обмотке возбуждения датчика; a_1 и b_1 – размеры (ширина и высота) поперечного сечения обмотки возбуждения (1); a_2 и b_2 – размеры (ширина и высота) поперечного сечения измерительной обмотки (2) в случае трансформаторного преобразователя; r_1 и r_2 – внутренний и внешний радиусы обмотки возбуждения; r_3 и r_4 – внутренний и внешний радиусы измерительной обмотки; h_1 и h_2 – ординаты измерительной обмотки; r_5 , r_6 и d – внутренний и внешний радиусы и толщина контролируемой трубы; μ и γ – абсолютная магнитная проницаемость и удельная электрическая проводимость трубы; R и H – радиус и высота экрана; 1, 2 и 3 – области внутри экрана. Принимаем, что области внутри и снаружи трубы (1 и 3) неферромагнитные ($\mu=\mu_0$) и имеют удельную электрическую проводимость соответственно γ_1 и γ_3 .

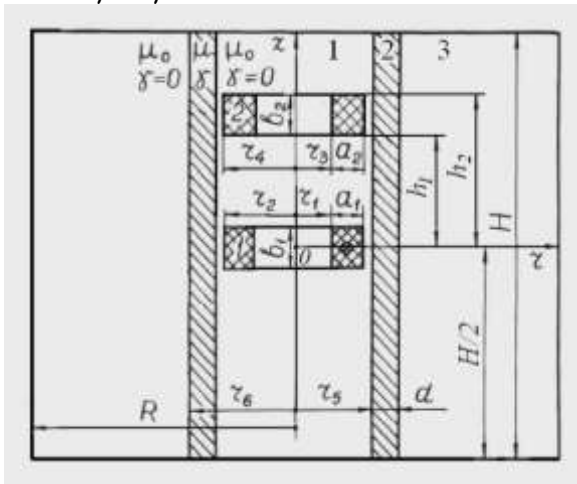


Рис. 1 Расчетная модель экранированного вихретокового первичного преобразователя параметрического и трансформаторного типов внутри контролируемой трубы

Fig. 1. Settlement model of screen eddy-current primary transducer of parametrical and transforming types in a controllible pipe

Вследствие осевой симметрии задачи векторный потенциал \vec{A} имеет только одну

азимутную составляющую и от угла α не зависит, то есть его изображения по Лапласу $\tilde{A} = \tilde{A}_\alpha(r, z)$. Поэтому в дальнейшем для упрощения выражений индексы « α » будут пропущены. Тогда преобразованный по Лапласу векторный потенциал магнитного поля в цилиндрической системе координат r , α и z для всех областей исследования (1, 2 и 3 на рис. 1) определяется выражениями:

для области 1 (внутри трубы с обмотками)

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial \tilde{A}_1}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2 \tilde{A}_1}{\partial z^2} - \left(p\gamma_1\mu_0 + \frac{1}{r^2} \right) \tilde{A}_1 = -\mu_0 \tilde{\delta}_0; \quad (1)$$

для области 2 (трубы – объекта контроля)

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial \tilde{A}_2}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2 \tilde{A}_2}{\partial z^2} - \left(p\gamma\mu + \frac{1}{r^2} \right) \tilde{A}_2 = 0 \quad (2)$$

для области 3 (снаружи трубы)

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial \tilde{A}_3}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2 \tilde{A}_3}{\partial z^2} - \left(p\gamma_3\mu_0 + \frac{1}{r^2} \right) \tilde{A}_3 = 0, \quad (3)$$

где: $\tilde{\delta}_0 = \tilde{\delta}_{01}$ – изображение по Лапласу плотности тока в обмотке возбуждения датчика при $r_1 \leq r \leq r_2$ и $-b_1/2 \leq z \leq b_1/2$, а в другой части первой области $\tilde{\delta}_0 = 0$; μ_0 – магнитная постоянная.

В случае сверхпроводящего экрана (для упрощения решения) нормальная составляющая магнитной индукции на поверхности экрана равняется нулю, то есть краевые условия выражаются соотношениями:

$$\begin{aligned} \frac{1}{r} \left(\frac{\partial(r\tilde{A}_1)}{\partial r} \right)_{z=-H/2} &= \frac{1}{r} \left(\frac{\partial(r\tilde{A}_2)}{\partial r} \right)_{z=-H/2} = \\ &= \frac{1}{r} \left(\frac{\partial(r\tilde{A}_3)}{\partial r} \right)_{z=-H/2} = \frac{1}{r} \left(\frac{\partial(r\tilde{A}_1)}{\partial r} \right)_{z=H/2} = \\ &= \frac{1}{r} \left(\frac{\partial(r\tilde{A}_2)}{\partial r} \right)_{z=H/2} = \frac{1}{r} \left(\frac{\partial(r\tilde{A}_3)}{\partial r} \right)_{z=H/2} = - \left(\frac{\partial \tilde{A}_3}{\partial z} \right)_{r=R} = 0. \end{aligned} \quad (4)$$

Это значит, что на поверхности экрана векторный потенциал равняется нулю:

**ВЕКТОРНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ПРОХОДНОГО КОЛЬЦЕВОГО
ВИХРЕТОКОВОГО ПЕРВИЧНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО И
ТРАНСФОРМАТОРНОГО ТИПОВ В ПРОВОДЯЩЕЙ ТРУБЕ**

$$\begin{aligned} & (\tilde{A}_1)_{z=-H/2} = (\tilde{A}_2)_{z=-H/2} = \\ & = (\tilde{A}_3)_{z=-H/2} = (\tilde{A}_1)_{z=H/2} = \\ & = (\tilde{A}_2)_{z=H/2} = (\tilde{A}_3)_{z=H/2} = (\tilde{A}_3)_{r=R} = 0. \end{aligned} \quad (5)$$

Кроме этого, в исследуемом пространстве ($0 \leq r \leq R$, $-H/2 \leq z \leq H/2$) векторный потенциал должен быть ограниченным.

Краевые условия (5) при $z = \pm H/2$ выдержаны при разложении искомого решения уравнений (1–3) и плотности тока возбуждения в косинусный ряд Фурье по координате z , то есть:

$$\tilde{A} = \tilde{\delta}_{01} \sum_{k=1}^{\infty} C_k \cos m_k z; \quad (6)$$

$$\tilde{\delta}_0 = \tilde{\delta}_{01} \sum_{k=1}^{\infty} b_{k01} \cos m_k z, \quad (7)$$

где: \tilde{A} – преобразованный по Лапласу векторный потенциал магнитного поля в любой области; C_k – коэффициенты, которые определяются при раскрытии граничных и краевых условий; $m_k = (2k - 1)\pi/H$;

$$b_{k01} = \frac{4}{H} \int_0^{b_1/2} \cos m_k z dz = \frac{4}{m_k H} \sin \frac{m_k b_1}{2} -$$

коэффициент ряда Фурье функции $f_2(z)=1$ при $-b_1/2 \leq z \leq b_1/2$ и $f_2(z)=0$ при $-H/2 \leq z \leq -b_1/2$ и $b_1/2 \leq z \leq H/2$, разложенной в промежутке $(-H/2, H/2)$.

С учетом (6) дифференциальные уравнения (1–3) для k -той гармоники приобретают вид:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial \tilde{A}_{1k}}{\partial r} \right) - \left(m_k^2 + p\gamma_1 \mu_0 + \frac{1}{r^2} \right) \tilde{A}_{1k} = -\mu_0 b_{k01};$$

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial \tilde{A}_{2k}}{\partial r} \right) - \left(m_k^2 + p\gamma \mu + \frac{1}{r^2} \right) \tilde{A}_{2k} = 0; \quad (8)$$

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial \tilde{A}_{3k}}{\partial r} \right) - \left(m_k^2 + p\gamma_3 \mu_0 + \frac{1}{r^2} \right) \tilde{A}_{3k} = 0.$$

Тогда общие решения уравнений (6) приобретают вид:

$$\begin{aligned} \tilde{A}_1 = & \tilde{A}_0 + \tilde{\delta}_{01} \sum_{k=1}^{\infty} [C_{11} I_1(p_1 r) + \\ & + C_{12} K_1(p_1 r)] \cos m_k z; \end{aligned}$$

$$\tilde{A}_2 = \tilde{\delta}_{01} \sum_{k=1}^{\infty} [C_{21} I_1(p_2 r) + \quad (9)$$

$$+ C_{22} K_1(p_2 r)] \cos m_k z;$$

$$\tilde{A}_3 = \tilde{\delta}_{01} \sum_{k=1}^{\infty} [C_{31} I_1(p_3 r) +$$

$$+ C_{32} K_1(p_3 r)] \cos m_k z,$$

где: I_1 и K_1 – модифицированные цилиндрические функции Бесселя первого порядка первого и второго рода; $p_1^2 = m_k^2 + p\gamma_1 \mu_0$; $p_2^2 = m_k^2 + p\gamma \mu$; $p_3^2 = m_k^2 + p\gamma_3 \mu_0$; \tilde{A}_0 – преобразованный векторный потенциал магнитного поля при отсутствии проводящей ферромагнитной трубы (объекта контроля) в неэлектропроводном пространстве, ограниченном экраном. Он принимается как частичное решение неоднородного дифференциального уравнения (1).

Для определения \tilde{A}_0 с соблюдением краевых условий (5) разложим искомое решение и плотность тока в обмотке возбуждения в двойной ряд: ряд Фурье-Бесселя по координате r и косинусный ряд Фурье по координате z [7], то есть

$$\tilde{A}_0 = \tilde{\delta}_{01} \sum_{i=1}^{\infty} \sum_{k=1}^{\infty} C_{0ik} J_1(n_i r) \cos(m_k z); \quad (10)$$

$$\tilde{\delta}_0 = \tilde{\delta}_{01} \sum_{i=1}^{\infty} \sum_{k=1}^{\infty} a_{i1} b_{k01} J_1(n_i r) \cos(m_k z), \quad (11)$$

где: J_1 – функция Бесселя первого рода первого порядка; $n_i = \lambda_i/R$; $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_i, \dots$ – корни уравнения $J_1(\lambda) = 0$; a_{i1} – коэффициент ряда Фурье-Бесселя функции $f_1(r)=1$ при $r_1 \leq r \leq r_2$ и $f_1(r) = 0$ при $0 \leq r \leq r_1$ и $r_2 \leq r \leq R$, разложенной в промежутке $(0, R)$. Тогда

$$a_{i1} = \int_0^R f_1(r) J_1(n_i r) r dr / \|J_1\|^2 = \frac{2Y_1}{R^2 J_0^2(\lambda_i)}, \quad (12)$$

где: J_0 – функция Бесселя первого рода нулевого порядка;

$$Y_1 = \int_0^R f_1(r) J_1(n_i r) r dr = \int_{r_1}^{r_2} f_1(r) J_1(n_i r) r dr =$$

$$= \int_{r_1}^{r_2} J_1(n_i r) r dr = \frac{1}{n_i} \{r_1 J_0(n_i r_1) - r_2 J_0(n_i r_2) +$$

$+ (2/n_i)[J_1(n_i r_2) - J_1(n_i r_1) + J_3(n_i r_2) - J_3(n_i r_1) + J_5(n_i r_2) - J_5(n_i r_1) + \dots]\}$ – ряд, который быстро сходится;

$\|J_1\|^2 = (R^2/2)[J_1'(\lambda_i)]^2 = (R^2/2)J_0^2(\lambda_i)$ – квадрат нормы.

Тогда получим:

$$\tilde{A}_0 = \mu_0 \tilde{\delta}_{01} \sum_{i=1}^{\infty} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{a_{i1} b_{k01}}{n_i^2 + m_k^2} J_1(n_i r) \cos m_k z, \quad (13)$$

или: при $-H/2 \leq z \leq -b_1/2$

$$\tilde{A}_0 = \mu_0 \tilde{\delta}_{01} \sum_{i=1}^{\infty} a_{i1} J_1(n_i r) \times$$

$$\times \frac{[\text{sh } n_i (b_1/2) \text{sh } n_i (H/2 + z)]}{n_i^2 \text{ch}(n_i H/2)}$$

при $-b_1/2 \leq z \leq b_1/2$

$$\tilde{A}_0 = \mu_0 \tilde{\delta}_{01} \sum_{i=1}^{\infty} a_{i1} J_1(n_i r) \times$$

$$\times \frac{[\text{ch } n_i (H/2) - \text{ch } n_i ((H - b_1)/2) \text{ch } n_i z]}{n_i^2 \text{ch}(n_i H/2)} \quad (14)$$

при $b_1/2 \leq z \leq H/2$

$$\tilde{A}_0 = \mu_0 \tilde{\delta}_{01} \sum_{i=1}^{\infty} a_{i1} J_1(n_i r) \times$$

$$\times [\text{sh } n_i (b_1/2) \text{sh } n_i (H/2 - z)] / n_i^2 \text{ch}(n_i H/2).$$

Тогда окончательно общие решения (9) приобретают вид:

$$\tilde{A}_1 = \mu_0 \tilde{\delta}_{01} \sum_{i=1}^{\infty} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{a_{i1} b_{k01}}{n_i^2 + m_k^2} J_1(n_i r) \cos m_k z +$$

$$+ \tilde{\delta}_{01} \sum_{k=1}^{\infty} [C_{11} I_1(p_1 r) + C_{12} K_1(p_1 r)] \cos m_k z;$$

$$\tilde{A}_2 = \tilde{\delta}_{01} \sum_{k=1}^{\infty} [C_{21} I_1(p_2 r) +$$

$$+ C_{22} K_1(p_2 r)] \cos m_k z;$$

$$\tilde{A}_3 = \tilde{\delta}_{01} \sum_{k=1}^{\infty} [C_{31} I_1(p_3 r) + C_{32} K_1(p_3 r)] \cos m_k z,$$

Граничные условия между областями выражаются соотношениями на основе

равенства нормальных составных векторов магнитной индукции, то есть самих векторных потенциалов и касательных составных векторов напряженности магнитного поля. Тогда коэффициенты C с разными индексами в решениях (15) определяются из неучтенных еще краевой и граничных условий: при $r=0$ $|\tilde{A}_1| < \infty$ – условие ограниченности векторного потенциала на оси z , откуда непосредственно следует, что $C_{12}=0$;

при $r = R$ $\tilde{A}_3 = 0$;

при $r = r_5$ $(\tilde{A}_1)_{r=r_5} = (\tilde{A}_2)_{r=r_5}$

$$\text{и } \frac{1}{\mu_0 r_5} \left(\frac{\partial(r\tilde{A}_1)}{\partial r} \right)_{r=r_5} = \frac{1}{\mu r_5} \left(\frac{\partial(r\tilde{A}_2)}{\partial r} \right)_{r=r_5};$$

при $r = r_6$ $(\tilde{A}_2)_{r=r_6} = (\tilde{A}_3)_{r=r_6}$ (16)

$$\text{и } \frac{1}{\mu r_6} \left(\frac{\partial(r\tilde{A}_2)}{\partial r} \right)_{r=r_6} = \frac{1}{\mu_0 r_6} \left(\frac{\partial(r\tilde{A}_3)}{\partial r} \right)_{r=r_6}.$$

После раскрытия граничных и краевых условий (16) для определения неизвестных постоянных коэффициентов C с разными индексами получим следующую систему из пяти уравнений:

$$D_1 + C_{11} I_1(p_1 r_5) = C_{21} I_1(p_2 r_5) + C_{22} K_1(p_2 r_5);$$

$$\mu D_2 + \mu p_1 C_{11} I_0(p_1 r_5) =$$

$$= \mu_0 p_2 C_{21} I_0(p_2 r_5) - \mu_0 p_2 C_{22} K_0(p_2 r_5);$$

$$C_{21} I_1(p_2 r_6) + C_{22} K_1(p_2 r_6) =$$

$$= C_{31} I_1(p_3 r_6) + C_{32} K_1(p_3 r_6); \quad (17)$$

$$\mu_0 p_2 C_{21} I_0(p_2 r_6) - \mu_0 p_2 C_{22} K_0(p_2 r_6) =$$

$$= \mu p_3 C_{31} I_0(p_3 r_6) - \mu p_3 C_{32} K_0(p_3 r_6);$$

$$C_{31} I_1(p_3 R) + C_{32} K_1(p_3 R) = 0,$$

$$\text{где } D_1 = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{2Y_1 b_{k01} J_1(n_i r_5)}{R^2 J_0^2(\lambda_i) (n_i^2 + m_k^2)};$$

$$D_2 = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{2n_i Y_1 b_{k01} J_0(n_i r_5)}{R^2 J_0^2(\lambda_i) (n_i^2 + m_k^2)};$$

I_0 и K_0 – модифицированные цилиндрические функции Бесселя нулевого порядка.

Из системы уравнений (17) для постоянных коэффициентов получим:

$$C_{11} = \frac{\mu N_1 P_1 I_1(p_2 r_5) + \mu N_2 P_1 K_1(p_2 r_5) - P_2 D_1}{P_2 I_1(p_1 r_5)};$$

ВЕКТОРНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ПРОХОДНОГО КОЛЬЦЕВОГО ВИХРЕТОКОВОГО ПЕРВИЧНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО И ТРАНСФОРМАТОРНОГО ТИПОВ В ПРОВОДЯЩЕЙ ТРУБЕ

$$C_{12} = 0; \quad C_{21} = \frac{\mu N_1 P_1}{P_2};$$

$$C_{22} = \frac{\mu N_2 P_1}{P_2}; \quad (18)$$

$$C_{31} = \frac{\mu P_1 K_1(p_3 R) [N_1 I_1(p_2 r_6) + N_2 K_1(p_2 r_6)]}{P_2 [I_1(p_3 r_6) K_1(p_3 R) - I_1(p_3 R) K_1(p_3 r_6)]};$$

$$C_{32} = -\frac{\mu P_1 I_1(p_3 R) [N_1 I_1(p_2 r_6) + N_2 K_1(p_2 r_6)]}{P_2 [I_1(p_3 r_6) K_1(p_3 R) - I_1(p_3 R) K_1(p_3 r_6)]};$$

где

$$N_1 = \mu_0 p_2 M_1 K_0(p_2 r_6) + \mu p_3 M_2 K_1(p_2 r_6);$$

$$N_2 = \mu_0 p_2 M_1 I_0(p_2 r_6) - \mu p_3 M_2 I_1(p_2 r_6);$$

$$M_1 = I_1(p_3 r_6) - I_1(p_3 R) K_1(p_3 r_6) / K_1(p_3 R);$$

$$M_2 = I_0(p_3 r_6) + I_1(p_3 R) K_0(p_3 r_6) / K_1(p_3 R);$$

$$P_1 = D_2 I_1(p_1 r_5) - p_1 D_1 I_0(p_1 r_5);$$

$$P_2 = \mu_0 p_2 I_1(p_1 r_5) [N_1 I_0(p_2 r_5) - N_2 K_0(p_2 r_5)] - \mu p_1 I_0(p_1 r_5) [N_1 I_1(p_2 r_5) + N_2 K_1(p_2 r_5)];$$

ВЫВОДЫ

Получены выражения для преобразованного по Лапласу векторного потенциала магнитного поля экранированной кольцевой цилиндрической катушки прямоугольного поперечного сечения с током произвольной формы, которая используется в качестве первичного преобразователя (датчика) для диагностирования технического состояния внутренней поверхности трубопроводов. Полученные результаты целесообразно использовать для определения собственных и взаимных, основных и внесенных индуктивностей проходного первичного вихретокового преобразователя и их чувствительностей к параметрам и дефектам объекта контроля.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Pipeline Inspection Technologies Demonstration Report. – Gas Research Institute. – 2004. – 98.
2. Muzhitsky V.F. Computerized Eddy Current Flaw Detector VD-89NM with Higher Reliability of Detection and Danger Level

estimation of Stress-corrosion cracks when Inspecting Gas Pipeline under Stress-Corrosion / V.F. Muzhitsky, V.A. Karabtchewski // Pipeline & Gas Journal. – 2002. – Vol. 2. – 35-44.

3. Albert Teisma. Technical Assessment Report Technology Assessment for Delivery Reliability for Natural Gas. – Gas Technology Institute. – 2004. – 56.

4. Experience with the Remote Field Eddy Current Technique / Schmidt T. R., Atherton D. L., Sullivan S. // Proc. of 3rd Nat. Sem. On Nondestructive Evaluation of Ferromagnetic Materials, Houston, March 23–25th, 1988. – 1988. – 89–97.

5. Remote Field Eddy Current Defect Interaction, GRI Final Report GRI-95/0506. December 1995. Atherton D.L., Clapham L., Czura W., Mergelas B.J., Smith S., Winslow J., Zhang Y. – Gas Research Institute. – 1995. – 125.

6. Delivery Reliability for Natural Gas – Inspection Technologies. Technical Semiannual Progress Report DE-FC26-04NT42266. – Gas Technology Institute. – 2005. – 215.

7. Yatsun M.A. Razrabotka teoryy jekranyrovannykh vykhretokovykh preobrazovateley i ikh prymerenye dlya kontrolya trub neftyanoho sortamenta // DySSERTatsyya na soyskanye uchenoy stepeny doktora tekhnicheskyykh nauk. – Yvano-Frankovsk, 1983. – 374.

8. Yatsun A. Vydilennya informatsiyi vykhrostrumovoho peretvoryuvacha na elementakh pervynnoho vymiryuval'noho kola u perekhidnomu rezhymi / M. Yatsun, A. Yatsun // Teoretychna elektrotehnika. 2005. Vyp. 58. – 183-188.

9. Yatsun A.M. Chutlyvist' kharakterystyk vlasnykh zahasayuchykh kolyvan' perekhidnoyi napruhy nakladnoho vykhrostrumovoho peretvoryuvacha nad ob'yektom kontrolyu u formi plastyny do yiyi mahnitnoyi pronyknosti i elektrychnoyi providnosti / M.A. Yatsun, A.M. Yatsun // Visnyk NU «L'vivs'ka politehnika». 2008. # 615. – 176-181.

10. Yatsun A.M. Chutlyvist' informatyvnykh velychyn do fizychnykh parametriv obyektu pry kontroli impul'snym vykhrostrumovym metodom / M.A. Yatsun, A.M. Yatsun //

- Zbirnyk tez dopovidey 5–yi Mizhnarodnoyi naukovo-tekhnichnoyi konferentsiyi i vystavky «Suchasni prylady, materialy i tekhnolohiyi dlya neruynivnoho kontrolyu i tekhnichnoyi diahnostyky mashynobudivnoho i naftohazopromyslovoho obladnannya», 2-5 hrudnya 2008 r., – Ivano-Frankivs'k.: Vydavnytstvo Ivano-Frankivs'koho natsional'noho tekhnichnoho universytetu nafty i hazu, 2008. – 133-135.
11. Jacun Andrij. The magnetic field of screen cylindrical winding at the ferromagnetic core / Andrij Jacun, Mychajło Jacun, Mycoła Skokljuk // XX SPETO'97, Vo1.2, – Gliwice.: USTRON', 1997. – 155–158.
12. Yatsun Andriy. The current distribution at the squirrel-cage induction motor rotor winding by the local defects determination electromagnetic method / Andriy Yatsun, Mychaylo Yatsun // XXI SPETO'98, – Gliwice.: USTRON', 1998. – 409-410.
13. Yatsun A.M. The pulsations of currents in the stator windings of induction motor when defects are presence in bars of rotor / A.M. Yatsun // Motrol. Motorization and power industry in agriculture. – Lublin, 2011. – vol. 13D. – 203-209.
14. Goshko M.O. Shlyahi zmenshennya energospozhivannya elektroprivodiv na prikladi tehnologichnogo protsesu kormopodribnennya / I.M. Drobot // Motrol. Motorization and power industry in agriculture. – Lublin, 2011. – vol. 13D. – 50-56.
15. Sirotyuk V.M. Eksperimentalne doslidzhennya rezhimiv roboti energooshchadnogo vibratsiynogo dozatora sipuchih kormiv / S.M. Himka // Motrol. Motorization and power industry in agriculture. – Lublin, 2011. – vol. 13D. – 62-68.
16. Sirotyuk V.M. Osoblivosti modelyuvannya elektromehanichnih sistem vitroustanovok maloyi potuzhnosti / Sirotyuk S.V. // Motrol. Motorization and power industry in agriculture. – Lublin, 2011. – vol. 13D. – 251–257.
17. Sirotyuk V.M. Uzgodzhennya parametriv akumulyatornoyi batareyi z parametrami elektrichnogo generatora VEU v umovah minlivosti vitrovogo potoku / Galchak V.P., Sirotyuk S.V. Boyarchuk V.M., Vorobkevich V.Yu. // Motrol. Motorization and power industry in agriculture. – Lublin, 2011. – vol. 13D. – 217–222.
18. Sirotyuk V.M. Teoretichne viznachennya podachi vibratsiynogo energooshchadnogo dozatora sipuchih kormiv. / K.M. Vasyliv, S.M. Himka // Motrol. Motorization and power industry in agriculture. – Lublin, 2012. – vol. 14 №4. – 106-109.
19. Yakimets V.T. Distantnyi zahist mashin zminnogo strumu. / I.M. Drobot, T.I. Bubnyak, M.O. Goshko // Motrol. Motorization and power industry in agriculture. – Lublin, 2012. – vol. 14 №4. – 160-164.
20. Yatsun A.M. Power of consumption and phase displacement between voltage and a current of the covering ring capacitor transducer over a conducting plate / Яцун А. М. // Motrol. Commission of motorization and energetics in agriculture. – Lublin-Pzeszów, 2013. – vol. 15 No 4. – 206–211.

VECTOR POTENTIAL OF A MAGNETIC FIELD OF THE PASSING RING EDDY-CURRENT PRIMARY TRANSDUCER OF PARAMETRICAL AND TRANSFORMING TYPES IN A CONDUCTIVE PIPE

Summary. Laplace transform of the vector potential of a magnetic field of the shielded ring cylindrical coil of rectangular cross-section profile when through this coil leak a current of any form, and this coil is used as an primary transducer of through type for diagnosing of a technical state of an internal surface of pipelines have been defined

Key words: vector potential, eddy currents, Laplace transform, shielded coil, primary transducer, diagnosing of pipelines.

ДИАГНОСТИКА ВОСПРОИЗВОДСТВА ПОТЕНЦИАЛА В УПРАВЛЕНИИ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ УКРАИНЫ

Василь Липчук, Людмила Гнатышин

Львовский национальный аграрный университет, Украина

Vasyl Lypchuk, Lyudmyla Gnatyshyn

Lviv National Agrarian University, Ukraine

Аннотация. Целью статьи является разработка методических рекомендаций относительно поликритериальной диагностики потенциала в управлении фермерских хозяйств с учетом особенностей его структуры и воспроизводительных процессов. Для решения поставленной задачи использованы методы: системный, матричный, графический. В статье уточнено понятие «диагностика», а также выработана методика поликритериальной диагностики. Предложенные теоретико-методические разработки учитывают структуру и особенности потенциала фермерских хозяйств и дают возможность оценить перспективы их развития. Разработано алгоритм формирования и использования матричной модели поликритериальной диагностики в управлении воспроизводством потенциала фермерских хозяйств. Таблица-указатель для матричной модели выбора репрезентативных экономических индикаторов воспроизводства потенциала фермерских хозяйств Украины построена с учетом информационных источников получения данных при упрощенной и полной форме учета и отчетности. Методологические принципы поликритериальной диагностики воспроизводства потенциала фермерских хозяйств разработаны на основе экономических индикаторов.

Ключевые слова: диагностика, управление, экономические индикаторы, фермерские хозяйства, матричная модель, потенциал, воспроизводство.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Успех и перспективы функционирования фермерского хозяйства зависят от значительного спектра факторов и определяются его потенциалом.

Развитие предпринимательской деятельности, сочетание производственной и коммерческой функции, повышение уровня конкурентоспособности возможно на основе надлежащего управления за результатами диагностики потенциала фермерских хозяйств. Этот процесс нуждается в должном внимании, поскольку умное потребление ограниченных экономических ресурсов должно обеспечить достижение заданного результата (эффекта). Адекватно к рыночным условиям ведения хозяйства возникает потребность обоснования диагностики потенциала фермерства как инструмента к разработке соответствующих мероприятий на уровне отдельных фермерских хозяйств.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Результаты анализа научных направлений не дают возможность с единой точки зрения раскрыть содержание понятия «диагностика» в ее экономическом смысле [3, 5, 7, 11, 13, 16]. Современные концептуальные тенденции экономической диагностики приобрели существенные изменения – наблюдается переход диагностических систем предприятий от монокритериальности к поликритериальности. Поликритериальная диагностика, в отличие от обычной, оперирует системой обоснованных критериев, которые характеризуют пределы оптимума функционирования предприятий в разных диапазонах деловой активности и формируют базу для многовекторного комплексного оценивания предприятия [11, с. 5].

Л. Костирко выделяет четыре разновидности диагностики: аналитическую, информационную, антикризисную, консультационную [7, с. 25]. Кроме того,

конкретно указывается, что диагностика является фундаментом для оценивания потенциала; это система, которая основывается на формировании специальной информации, что используется для принятия управленческих решений; это количественное измерение динамики потенциала финансово-экономической стойкости и стоимости предприятия при выборе альтернативных финансовых стратегий предприятия [7, с. 37]. В свою очередь Ш. Омаров отмечает то, что целью комплексной экономической диагностики деятельности предприятия является повышение эффективности стратегического управления на принципах формирования и реализации специальных методов и моделей оценки и распознавание его состояний на момент определения диагноза [12, с. 9].

Таким образом, суть современных исследований в области диагностики воспроизводства потенциала предприятия состоит в том, чтобы обосновать новейшие подходы к управлению этим процессом, а именно:

1. формирование и развитие потенциала;
2. конкурентоспособность потенциала;
3. результативность его использования по современным социально-экономическим критериям.

Это особенно важно, поскольку сегодня значительная часть фермеров ориентируется на существенное расширение масштабов своих хозяйств в перспективе [8, с. 132], что является одним из ключевых условий формирования стратегий развития конкретного хозяйства [9, с. 94].

Проблема воспроизводства потенциала фермерских хозяйств достаточно многообразна и сложна, поскольку охватывает как составляющие ресурсного потенциала, так и этапы процесса его воспроизводства. Особо следует отметить проблемы воспроизводства материально-технической базы, поскольку истоки технического совершенствования относятся к началу 90-х годов прошлого века [6, с. 157–158], что предопределило значительное старение машинно-тракторного парка сельского хозяйства [1, с. 5].

В современных условиях динамических изменений рыночной среды управление

воспроизводством потенциала фермерских хозяйств не может быть эффективным без качественной информационно-аналитической базы, которая формируется в результате реализации диагностических процедур. Вместе с тем, относительно экономической среды фермерства, выделяют двухпредметную диагностику – диагностику, которая касается деятельности как процесса, и диагностику состояния отдельного объекта [16, с. 656].

ПОСТАНОВКА ЗАДАНИЯ

Отсутствие теоретических и практических разработок диагностики функционирования фермерства и управления его деятельностью предопределяют цель исследования – формирование теоретико-методологической базы поликритериальной диагностики потенциала украинских фермерских хозяйств с учетом особенностей его структуры и воспроизводительных процессов на принципах экономических индикаторов.

Информационной базой исследования являются: нормативно-правовые акты, труды украинских и зарубежных ученых в сфере деятельности фермерских хозяйств и оценивания функционирования предприятий. Для решения поставленных задач использованы методы: системный – для построения поликритериальной диагностики воспроизводства потенциала фермерского хозяйства и раскрытия ее структурной декомпозиции; матричный метод – для построения унифицированной матричной модели целевого выбора диагностических экономических индикаторов; графический – для наглядного представления теоретического и методического материала.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Фермерские хозяйства Украины являются своеобразными объектами деятельности, как в аграрной сфере, так и в сфере их оценивания. Оценивание деятельности фермерских хозяйств, в частности и воспроизводительных процессов потенциала, как правило, характеризуется насыщением

ДИАГНОСТИКА ВОСПРОИЗВОДСТВА ПОТЕНЦИАЛА В УПРАВЛЕНИИ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ УКРАИНЫ

финансовыми показателями [1, 3, 5, 6]. Однако, они часто имеют ретроспективный характер и не учитывают динамику среды функционирования, ориентируются на тактические, а не стратегические цели, не учитывают наличие и влияние на общий результат нематериальных активов. Это требует специфических систем диагностики с учетом упрощенной структуры потенциала и особенностей его воспроизводства, которые предопределены исключительностью функционирования фермерских хозяйств в механизме аграрного предпринимательства.

Чтобы достичь надлежащего уровня информационного насыщения процесса диагностики воспроизводства потенциала фермерских хозяйств, отбор репрезентативных экономических индикаторов (ключевых показателей, которые определяют ориентиры воспроизводства и отражают тенденции развития хозяйства) должен осуществляться в зависимости от целей диагностики. Для фермера важно, чтобы система индикаторов включала такие, которые можно отслеживать без значительных расходов на их информационное обеспечение. Каждый этап воспроизводства потенциала (производство, обмен, распределение, потребление) нуждается в формировании индивидуальной системы индикаторов, которая позволит с высшей степенью информативности отразить состояние и перспективы развития фермерского хозяйства. Элементы производственного потенциала (земля, труд, капитал) фермерских хозяйств, часть которых ограничена, также определяют приоритетность отдельных экономических индикаторов. Как правило, линейно функциональный тип организационной системы воспроизводства потенциала, профессиональный уровень фермера, который не всегда может быть экономического направления, возможность ведения упрощенной формы учета и необязательное наличие в штате фермерского хозяйства специалиста экономического профиля, обуславливают упрощенный уровень декомпозиции и несложную процедуру консолидирования

экономических индикаторов. Если же хозяйство ведет полную форму учета, или субъектами диагностики являются внешние пользователи, то декомпозиции индикативной составной поликритериальной диагностики могут быть представлены шире.

В фермерской среде в связи с недостаточностью информации могут возникать определенные проблемы, связанные с отсутствием идентификации и сопоставления результатов поликритериальной диагностики разных субъектов оценивания, определенного манипулирования диагностическими показателями. Этот факт предусматривает необходимость в разработке унифицированной матричной модели диагностики. Предпосылкой матричного моделирования должно быть четкое определение перечня индикаторов в зависимости от установленных целей диагностики и универсальных методик их расчета в разрезе этапов воспроизводства потенциала. Сущность матричных методов заключается в изображении сложной системы взаимоотношений между событиями, последствиями этих событий, информационными ресурсами, расходами на реализацию и тому подобное. Матричные модели формируют основу для интегрированной системы обработки информационных массивов, которые применяются для диагностики ретроспективного, реального или перспективного состояния любого экономического объекта и облегчают выбор оптимального варианта решения [2, с. 275].

Порядок формирования унифицированной матричной модели и использования результатов поликритериальной диагностики представлен в виде алгоритма (поэтапных эпизодов) (рис. 1). Относительно обоснования перечня экономических индикаторов можно вести речь об определении обобщенных индикаторов на основе финансовой, статистической и частично налоговой отчетности фермерских хозяйств. Конкретные экономические индикаторы воспроизводства потенциала рассчитывают по данным учета. По этому поводу приобретает особое значение полнота, достоверность и объективность информации, показателей производственно-финансовой

деятельности украинских фермерских хозяйств, ведь им разрешено вести учет по упрощенной схеме и подавать сокращенную отчетность.

При определении отдельных индикаторов есть потребность в учете их значений за несколько периодов. Например, для расчета финансовых индикаторов воспроизводства потенциала есть потребность использовать данные Баланса (Отчета о финансовом состоянии) или Отчета о финансовых результатах (Отчета о совокупном доходе), что в некоторых случаях требует сочетания информационного обеспечения путем усреднения значений отчетов на начало и конец отчетного периода. Если речь идет о диагностике, которая направлена на перспективные показатели воспроизводства потенциала, то здесь целесообразно использовать нормы, то есть установленные

величины расходов труда, средств труда, сырья, и прочее с учетом специфики деятельности, или нормативы – регламентированные расчетные величины разного рода расходов, численности, которые являются основой определения норм.

Учитывая, что источники информации о состоянии потенциала фермерских хозяйств могут отличаться степенью детализации, наглядно перечень индикаторов целесообразно изобразить в виде таблицы-указателя (табл. 1) со ссылкой на конкретные информационные источники получения данных. Основой систематизации индикаторов выступают смысловое наполнение элементов и этапы воспроизводства потенциала.

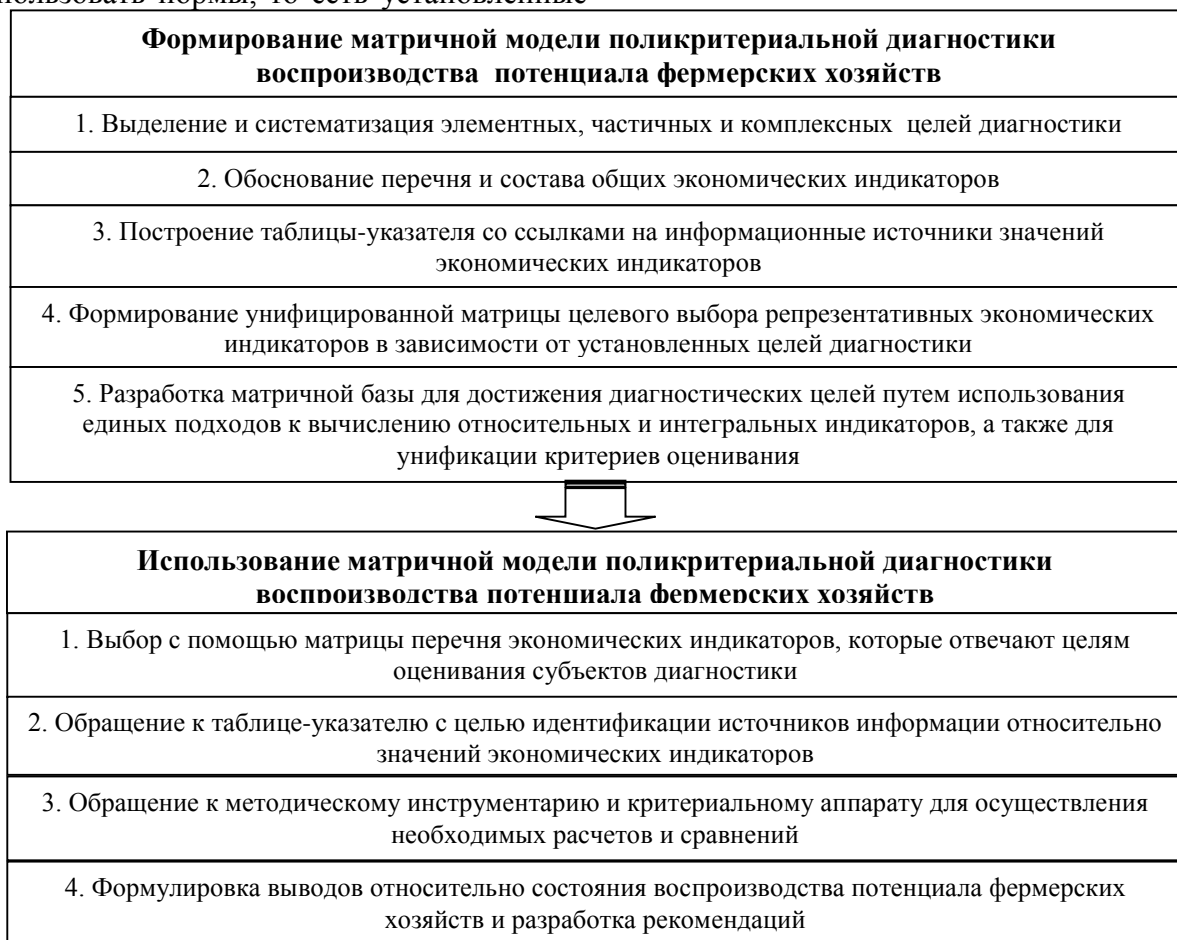


Рис. 1. Формирование и использование матричной модели поликритериальной диагностики воспроизводства потенциала фермерских хозяйств

Fig. 1. Forming and use of matrix model of polikriterial diagnostics of potential reproduction of farms enterprises

**ДИАГНОСТИКА ВОСПРОИЗВОДСТВА ПОТЕНЦИАЛА В УПРАВЛЕНИИ
ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ УКРАИНЫ**

Таблица 1. Таблица–указатель для матричной модели выбора репрезентативных экономических индикаторов воспроизводства потенциала фермерских хозяйств Украины
Table 1. Table–pointer for the matrix model of choice of representative economic indicators of potential reproduction of farms enterprises of Ukraine

| Группы индикаторов | Шифр | Индикаторы | Информационные источники получения данных | |
|---------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | | При упрощенной форме учета и отчетности | При полной форме учета и отчетности |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Индикаторы этапа производства (создания) элементов потенциала | B ₁ | Размеры землепользования | Форма 2–ферм (годовая) | Форма №50–с–г |
| | B ₂ | Состояние технической обеспеченности | Форма 10–мех (годовая). Наличие тракторов, с-х машин и энергетических мощностей | Форма 10–мех (годовая). Наличие тракторов, с-х машин и энергетических мощностей |
| | B ₃ | Первобытная стоимость основных средств | Баланс, ф. №1м, с.031 | Баланс, ф. №1, с.1011 |
| | B ₄ | Остаточная стоимость основных средств | Отчет по основным средствам Баланс, ф. №1м, с.030 | Отчет по основным средствам Баланс, ф. №1, с.1010 |
| | B ₅ | Наличие голов скота | Форма 2–ферм (годовая) | Форма 24–сг (месячная). Состояние животноводства |
| | B ₆ | Расходы на оплату труда | Форма 2–ферм (годовая) | Форма №50–с–г |
| | B ₇ | Незавершенное производство | Баланс, ф. №1м, с.100 | Баланс, ф. №1, дополнительная статья II раздела актива |
| | B ₈ | Численность работников | Форма 2–ферм (годовая) | Форма №50–с–г |
| | B ₉ | Текущие финансовые инвестиции | Баланс, ф. №1м, с.220 | Баланс, ф. №1, с.1160 |
| | B ₁₀ | Кредиты | Баланс, ф. №1м, с.480+500 | Баланс, ф. №1, с.1510+1600 |
| | B ₁₁ | Внесение удобрений | Форма 2–ферм (годовая). Основные показатели хозяйственной деятельности фермерского хозяйства | Форма 9–б–сг (годовая). Внесение минеральных, органических удобрений |
| Индикаторы этапа распределения элементов потенциала | P ₁ | Размеры землепользования в разрезе угодий | Форма 2–ферм (годовая). Основные показатели хозяйственной деятельности фермерского хозяйства | Форма №50–с–г. Основные экономические показатели работы сельхозпредприятий за 20__ год |
| | P ₂ | Поступление основных средств | | |
| | P ₃ | Пути поступления основных средств | Отчет по основным средствам (данные из 1С:Бухгалтерия) | Отчет по основным средствам (данные из 1С:Бухгалтерия) |
| | P ₄ | Объем валовой продукции | Форма 2–ферм (годовая) | Форма №50–с–г |
| | P ₅ | Объем товарной продукции | | |
| | P ₆ | Чистый доход от реализации основных средств | Отчет по основным средствам (данные из 1С:Бухгалтерия) | Отчет по основным средствам (данные из 1С:Бухгалтерия) |
| | P ₇ | Оборотные активы | Баланс, ф. №1м, с.260 | Баланс, ф. №1, с.1195 |
| | P ₈ | Нематериальные активы | Баланс, ф. №1м, р.030, 031 | Баланс, ф. №1, р.1000 |
| Индикаторы этапа обмена элементами потенциала | O ₁ | Размеры землепользования в разрезе видов культур | Форма 2–ферм (годовая) | Форма 4–сг (годовая). Посевные площади сельскохозяйственных культур под урожай |

| | | | | |
|----------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| | O ₂ | Выбытие основных средств | Отчет по основным средствам (данные из 1С:Бухгалтерия) | Отчет по основным средствам (данные из 1С:Бухгалтерия) |
| | O ₃ | Прибыль (за видами деятельности) | Отчет о финансовых результатах, ф. №2м, с.030, 130, 150 | Отчет о финансовых результатах, ф. №2, с.2090, 2190, 2290, 2350 |
| | O ₄ | Социальные отчисления | Отчет в Пенсионный фонд Украины | Отчет о финансовых результатах, ф. №2, с.2510 |
| | O ₅ | Дебиторская задолженность | Баланс, ф. №1м, с.160+170+210 | Баланс, ф. №1, с.1125+1130+1135+1155 |
| | O ₆ | Обязательства | Баланс, ф. №1м, с.480+620 | Баланс, ф. №1, с.1595+1695 |
| | O ₇ | Себестоимость реализованной продукции | Отчет о финансовых результатах, ф. №2м, с.080 | Отчет о финансовых результатах, ф. №2, с.2050 |
| | Индикаторы этапа потребления элементов потенциала | C ₁ | Урожайность сельскохозяйственных культур и производительность животных | Расчеты. Форма 2–ферм (годовая) |
| C ₂ | | Себестоимость единицы продукции | Калькуляции | Калькуляции |
| C ₃ | | Амортизационные отчисления | Отчет по основным средствам (данные из 1С:Бухгалтерия) | Отчет о финансовых результатах, форма №2, с.2515 |
| C ₄ | | Долгосрочные и текущие финансовые инвестиции | Баланс, ф. №1м, с.040, 220 | Баланс, ф. №1, с.1030+1035, 1160 |
| C ₅ | | Капитал (за видами) | Баланс, ф. №1м, с.380 | Баланс, ф. №1, с.1495 |
| C ₆ | | Активы (пассивы) | Баланс, ф. №1м, с.280/640 | Баланс, ф. №1, с.1300/1900 |
| C ₇ | | Расходы (за видами) | Отчет о финансовых результатах, ф. №2м, с.020, 080, 090, 100, 140 | Отчет о финансовых результатах, ф. №2, с.2050, 2130, 2150, 2180, 2250, 2255, 2270, 2300, 2550 |

Следующим этапом в формировании матричной модели является построение базовой универсальной (унифицированной) матричной модели. В соответствующих клетках на пересечении индикаторов и целей указывается, какие именно индикаторы следует использовать для реализации диагностических целей или для последующих расчетов по предложенным методикам.

Основная идея матричной модели в рассматриваемом ракурсе заключается в возможности выбора каждым субъектом диагностики репрезентативных экономических индикаторов в соответствии с конкретными целями диагностики. То есть обеспечивается унификация перечня и структуры экономических индикаторов,

которые применяются разными субъектами диагностики в аналогичных целях. Фрагмент разработанной матричной модели диагностики воспроизводства потенциала фермерских хозяйств представлен в табл. 2. Столбцы матрицы – это перечень общих абсолютных экономических индикаторов в зависимости от этапов воспроизводства потенциала фермерских хозяйств. В строках матрицы расположены диагностические цели. В соответствующих клетках на пересечении индикаторов и целей указывается, какие именно индикаторы следует использовать для реализации диагностических целей или для последующих расчетов за предложенными методиками.

ДИАГНОСТИКА ВОСПРОИЗВОДСТВА ПОТЕНЦИАЛА В УПРАВЛЕНИИ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ УКРАИНЫ

Таблица 2. Унифицированная матричная модель отбора экономических индикаторов
диагностики воспроизводства потенциала фермерских хозяйств

Table 2. Compatible matrix model the selection of economic indicators of diagnostics
of potential reproduction of farms enterprises

| Индикаторы | Индикаторы этапа производства элементов потенциала | | | Индикаторы этапа распределения элементов потенциала | | | Индикаторы этапа обмена элементами потенциала | | | Индикаторы этапа потребления элементов потенциала | | |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----|-----------------|--------------------------------------------------------------|-----|----------------|--------------------------------------------------------|-----|----------------|---------------------------------------------------------------|-----|----------------|
| | V ₁ | ... | V ₁₁ | P ₁ | ... | P ₈ | O ₁ | ... | O ₇ | C ₁ | ... | C ₈ |
| Цели диагностики | | | | | | | | | | | | |
| Элементные цели | | | | | | | | | | | | |
| Диагностика рентабельности активов | | | | | | | | | | | | |
| Диагностика рентабельности реализации продукции | | | | | | | | *** | | | | |
| Диагностика рентабельности производства продукции | | *** | | | | | | | | | | |
| Частичные цели | | | | | | | | | | | | |
| Диагностика финансового состояния | | | *** | | | | | | | | | |
| Диагностика кредитоспособности | | | *** | | | | | | | | | |
| Комплексные цели | | | | | | | | | | | | |
| Диагностика конкурентоспособности | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| Диагностика развития хозяйства | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |

ВЫВОДЫ

Диагностика воспроизводства потенциала фермерских хозяйств – это система целевого оценивания компонентов потенциала на всех этапах воспроизводства, выявление тенденций и перспектив на основе системы экономических индикаторов с целью принятия фермером (или уполномоченным органом) обоснованных управленческих решений в достижении высшего уровня развития хозяйства.

Под поликритериальной диагностикой следует понимать концептуальную декомпозицию типичных элементов системы (субъектов, объектов, целей, экономических индикаторов, критериев, методов, методик), направленную на выполнение свойственных им диагностических функций по созданию для субъектов диагностики информационной базы и инструментария достижения диагностических целей разного уровня.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Artemenko A. M. 2008. Organizatsiyno-ekonomichni osnovy rozvytku fermerskykh gospodarstv. Kyjv: NNC IAE, 272.
2. Artemenko O., Izdebski W., Skudlarski J., Zajac S., Zayka L. Wyposazenie rolnictwa Polski i Ukrainy w srodki mechanizacji do produkcji roslinnej // MOTROL. Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture – Lublin, 2013. Vol. 15.– № 1A. 3–6.
3. Getman O. O., Shapoval V. M. 2007. Ekonomichna diagnostyka. Kyjv: Centr navchalnoyi literatury, 307.
4. Goryovyy V. P. 2007. Fermerstvo Ukrainy: teoria, metodologia, praktyka : Monographia / V. P. Goryovyy. – K.: NNC IAE, 540.
5. Hetman O., Shapoval V. 2007. Ekonomichna diagnostyka : navch. posib. – Kyiv, 307.
6. Kischak I., Havrysh V., Kulik A. Skladovi zabezpechennya silskogospodarskykh pidpryyemstv tekhnichnymy zasobamy vyrobnytstva // MOTROL. Commission of

Motorization and Power Industry in Agriculture – Lublin, 2011. Vol. 13A. 153-159.

7. Kostyrko L. 2008. Diagnostyka potencjalu finansovo–ekonomichnoi ctyykosti pidpryemstva : Monographia / L.A. Kostyrko. – Kharkiv.: Factor, 336.

8. Lypchuk V., Gnatyshyn L. Uroven' mechanizatsii proizvodstvennykh processov v fermerskikh chozaystvach v kontekste uravnoveshennogo razvitiya // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, 2013. Vol. 15. – № 4. 126–133.

9. Lypchuk V., Kozlova H. The development strategies of the farms in Ukraine // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, 2013. Vol. 15. – № 1. 93–96.

10. Marmul L. O., Galtsova O. L. 2006. Efektyvnist pidpryemnytskoi diyalnosti fermerskykh gospodarstv. Kyjv: NNC IAE, 204.

11. Melnyk O. G. 2010. Systemy diagnostyky diyalnosti mashynobudivnykh pidpryemstv: polikryterialna koncepciya ta instrumentarij. Lviv, 344.

12. Omarov Sh. 2008. Diagnostyka rezultativ diyalnosti koksokhimichnykh pidpryemstv : avtoref. dys. na zdobuttya nauk. stupenya kand. ekon. nauk. – Kharkiv. 20.

13. Smetanyuk O. A. 2009. Economichna diagnostyka. Vinnycya: UNIVERSUM-Vinnycya, 139.

14. Vasylchak S.V., Zydyak O.R. Formuvannya ta perspektyvy rozvytku fermerskykh gospodarstv // Naukovyj visnyk NLTU Ukrainy, 2009. vyp. 19.4. 147–151.

15. Vasylenko V.A. 2002. Teoriya i praktyka rozroblennya upravlinskykh rishen. Kyjv: CUL, 420.

16. Wawrzyniak K. Diagnozowanie ilościowe procesów i obiektów gospodarczych –

podstawowe pojęcia. – Zeszyty naukowe uniwersytetu szczecińskiego. Prace katedry econometrii i statystyki, 2006. – № 17. 647–659.

DIAGNOSTIC OF POTENTIAL REPRODUCTION IN THE PROCESS OF MANAGEMENT OF FARMS ENTERPRISES OF UKRAINE

Summary. Development of methodical recommendations relatively of polycriterial diagnostic of farms potential taking into account the features of his structure and reproductive processes is the task of the article. For the decision of the put task methods are used: system, matrix, graphic. The notion of «diagnostics» is defined more accurately as well as the method of polycriterial diagnostics is developed in the article. This method is different from the other methods because it takes into account a structure and some peculiarities of potential reproduction and besides it provides possibilities to estimate some farm perspectives. Algorithm of creation and using matrix model of polycriterial diagnostics of reproduction farms potential is developed. Table-pointer for the matrix model choice of economic indicators Ukrainian farms potential reproduction built. The sources of information receipt at the simple and complete form of account and accounting are foreseen. There are developed methodological principles and the concept of polycriterial diagnostic systems formation and usage on farms on the basis of economic indicators.

Key words: diagnostics, management, economic indicators, farms, matrix model, potential, reproduction.

ОБОСНОВАНИЕ СЦЕНАРИЕВ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ПРОГРАММ РАЗВИТИЯ МОЛОЧНОГО СКОТОВОДСТВА

Анатолій Тригуба

Львовский национальный аграрный университет, Украина

Anatolij Tryhuba

Lviv National Agrarian University, Ukraine

Аннотация. Проведен анализ достижений методологии управления существующих научно–методических основ управления интеграцией программ и обоснована необходимость разработки методики определения сценариев реализации технологически интегрированных программ развития молочного скотоводства. Подано структуру технологически интегрированных программ развития молочного скотоводства. Разработана методика определения сценариев реализации технологически интегрированных программ развития молочного скотоводства.

Ключевые слова: технологически интегрированные программы, проекты, развитие, молочное скотоводство, сценарии.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В настоящее время молочное скотоводство Украины находится в упадке. Подавляющее большинство производителей молока являются убыточными, а их материально–техническое обеспечение – неудовлетворительным. Наблюдается снижение поголовья молочных коров и соответственно объемов заготовки молока для его дальнейшей переработки. Это приводит к производству некачественных молокопродуктов, что угрожает продовольственной безопасности государства. Развитие отдельных отраслей агропромышленного производства в Украине, в том числе молочного скотоводства, осуществляется на основании реализации общегосударственных экономических и социальных целевых программ. В последние годы разработано ряд государственных и региональных целевых программ развития молочного скотоводства, которые базируются на действующих нормативно–законодательных актах [1-3]. Однако, эти программы в полном объеме невыполненные из-за того, что их формирование и реализация осуществляется без учета научных

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Вопросам управления интеграцией программ в различных отраслях национальной экономики уделяется достаточно много внимания [4–5; 1; 18; 20–21]. Кроме того, существуют как отечественные [17], так и международные [13–16] стандарты в которых приводятся общие положения управления интеграцией программ. В частности, в международном стандарте Р2М [16] указано, что начинается управление интеграцией программы из определения миссии. Определение миссии – это циклический процесс, продолжающийся на протяжении всего жизненного цикла программы, от ее составления (или переопределения) к адаптации к изменениям в окружении, что сопровождается поддержкой ценностей миссии [16]. Одним из этапов определения миссии является разработка альтернативных сценариев, которые оптимизируют реализацию программы с помощью моделирования. Следовательно, определение миссии включает как варианты сценариев выполнения программ, так и определяет структуру задач, которые следует решить для успешной их реализации. Однако, в этом документе приводятся общие подходы к определению

сценариев реализации программ. Эти подходы не дают возможности осуществить определение сценариев реализации ТИПРМ, так как соответствующие программы имеют свои уникальные особенности. К этим особенностям относятся ресурсные связи (молоко-сырье) между отдельными подпрограммами, технологическая интегрированность между проектами, изменчивая проектная среда и т.д. [18]. Поэтому существует необходимость в разработке методики обоснования сценариев реализации ТИПРМ.

ЦЕЛЮЮ СТАТЬИ

Является обоснование сценариев реализации технологически интегрированных программ развития молочного скотоводства.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Неотъемлемой составляющей реализации программ, в том числе ТИПРМ, является разработка концептуального плана программы, который является основой определения ее миссии по базовому сценарию реализации [16]. Базовый (эффективный) сценарий реализации ТИПРМ выбирается по ценности для заинтересованных сторон. В базовом сценарии отображаются группы проектов в виде цепочки, устанавливаются взаимосвязи между ними с помощью анализа технологических особенностей их реализации. Выявление возможных сценариев реализации ТИПРМ и обоснование между ними базового требует использования определенного инструментария. Учитывая, что обоснование базового сценария ТИПРМ осуществляется по критерию максимальной ценности для заинтересованных сторон, определение которой является достаточно трудоемким, то для этого следует использовать имитационное моделирование этих программ.

Для того, чтобы избавиться от сложных решений при формировании и полного перебора возможных сценариев реализации ТИПРМ предлагается использовать теорию графов. Эта теория получила широкое применение в различных сферах

деятельности человечества с развитием вычислительной техники и вычислительных методов [8]. В настоящее время теория графов стала полноценной теорией, которая входит в состав дискретной математике или теоретических основ информатики. Теория графов представляет собой очень удобную язык для программных и многих других моделей [9]. В частности, четкая система специальных терминов и определений теории графов позволяют просто и доступно определить сценарии реализации ТИПРМ. Особенно важно наличие наглядной графической интерпретации понятия графа. Изображения позволяют сразу разглядеть суть вопроса на интуитивном уровне. Граф является объектом дискретным и задается двумя дискретными множествами: множеством точек, называемых вершинами, и множеством линий, соединяющих некоторые вершины и называются ребрами [10].

Итак, графом $G = (A, \psi)$ называется объект, заданный парой множеств (A, ψ) , где A – множество вершин (проектов), $\psi \subseteq A \times A$ – множество ребер (ресурсных связей между проектами, которые регламентирует технология).

Граф называется конечным, если множества его вершин и ребер является конечными. Множество вершин графа G обозначают $A(G)$, а множество ребер – $\psi(G)$.

Количество вершин графа $n(G) = |A(G)|$, а количество ребер $m(G) = |\psi(G)|$. Количество вершин $n(G)$ графа называют его порядком.

Задать граф означает задать множества его вершин (проектов) и ребер (ресурсных связей между проектами), а также отношение инцидентности. Когда граф G – конечный, для описания его вершин и ребер достаточно их пронумеровать. Пусть A_1, A_2, \dots, A_n – вершины графа G ; $\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_m$ – его ребра. Отношение инцидентности можно определить матрицей $M = \|\varphi_{ji}\|$, которая имеет n строк и m столбцов. Строки соответствуют вершинам (проектам) графа, а столбцы – его ребрам (связям между

ОБОСНОВАНИЕ СЦЕНАРИЕВ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ПРОГРАММ РАЗВИТИЯ МОЛОЧНОГО СКОТОВОДСТВА

проектами). Если ребро ψ_i является инцидентным вершине A_j , то $\varphi_{ji}=1$, в противном случае $\varphi_{ji}=0$. Это матрица инцидентности обычного графа G , которая является одним из способов его определения.

Для определения числа проектов A_j , которые могут реализовываться в ТИПРМ, обозначим ее структуру. В частности, реализация ТИПРМ может осуществляться конечным множеством сценариев действий (проектов) по формированию продукта. Количество вариантов этих сценариев ограничено видами j -х проектов A_j , которые являются составными i -х видов подпрограмм ТИПРМ, и количеством участников, участвующих в их реализации. В состав ТИПРМ (Π) входят подпрограммы ($\Pi_i^{(k)}$) i -х видов k -х сценариев их реализации, которые можно описать с помощью матрицы инцидентности:

$$\Pi = \left\{ \Pi_i^{(k)} \mid i \in A^{(k)} \right\}, \quad (1)$$

$$A^{(k)} \subseteq A = \{ \Pi_{ГН}, \Pi_{ФГ}, \Pi_{КП} \}, \quad (2)$$

где: $\Pi_{ГН}, \Pi_{ФГ}, \Pi_{КП}$ – соответственно подпрограммы производства молокопродуктов с участием хозяйств населения, фермерских хозяйств и крупнотоварных предприятий; k -й вариант сценария реализации i -о вида подпрограммы $\Pi_i^{(k)}$; A – матрица инцидентности подпрограмм $\Pi_i^{(k)}$.

Рассмотрим возможные варианты реализации проектов производства молока. В их состав могут входить проекты производства молока в личных хозяйствах населения (ГН) ($A_{ГН}$), фермерских хозяйствах (ФГ) ($A_{ФГ}$) и крупнотоварных специализированных предприятиях (КП) ($A_{КП}$).

Проекты заготовки молока могут быть двух видов – первичной (A_{zn}) и централизованной ($A_{зц}$). Их могут реализовывать три вида предприятий: 1) заготовительные кооперативы, создаваемые

ресурсами самих производителей молока; 2) заготовительные предприятия, которые создаются бизнес-структурами и являются посредниками между производителями и переработчиками молока; 3) перерабатывающие предприятия (МПП), которые собственными ресурсами осуществляют заготовку молока.

Проекты переработки молока могут быть трех видов – первичной (A_{nn}), повторной (A_{no}) и глубокой (A_{nz}). Первичные проекты (A_{nn}) переработки молока могут реализовываться его производителями, заготовителями или МПП. Эти проекты предусматривают выполнение работ по очистке молока от механических примесей, его охлаждения и хранения при температуре летом – до 2–4°C, зимой – до 8°C. Проекты A_{nn} предусматривают устройство специальных молочных в ФГ и КП или заготовительных пунктов в сельских поселениях при условии производства молока в ГН. Предприятия производители молока, которые непосредственно его поставляют в торговую сеть, учреждения детского и общественного питания, реализуют проекты повторной его переработки (A_{no}). Для этого создаются перерабатывающие цеха, которые являются структурными составляющими ФГ или КП. В проектах A_{no} выполняются работы по очистке молока на центробежных очистителях, нормализации по содержанию жира, пастеризации, охлаждения, розлива во фляги или расфасовки в бутылки или пакеты. Это дает возможность получить молоко, которое отличается от свежесвыдоенного по химическому составу, количественным и качественным содержанием микрофлоры, биологическими и вкусовыми свойствами. Проекты глубокой переработки молока (A_{nz}) реализуются в МПП и предусматривают получение различных молокопродуктов (масла сливочного, сыра, сухого обезжиренного молока, кефира, сметаны и т.д.), производство которых требует использования сложных технологий по сравнению с проектами

первичной A_{nn} и повторной A_{no} переработки молока.

Каждая из подпрограмм $\Pi_i^{(k)}$ ТИПРМ (Π) k -х сценариев реализации включает проекты (A_j) j -х видов:

$$\Pi_i^{(k)} = \{A_j | j \in B^{(k)}\}, \quad (3)$$

$$B^{(k)} \subseteq B, \quad (4)$$

где: B – матрица инцидентности проектов A_j .

Итак, сценариев реализации отдельных подпрограмм $\Pi_i^{(k)}$ ТИПРМ есть конечное множество, которое выбирается среди множества j -х проектов A_j . Согласно выражение (4) можно записать:

$$B^{(k)} \subseteq \{vn, v\phi, vk, zn, zu, nn, no, nz\}. \quad (5)$$

Выбор k -х сценариев реализации подпрограмм $\Pi_i^{(k)}$ осуществляется на основании анализа ресурсных (молоко) связей между проектами A_j , которые регламентируются технологиями. Для этого строим граф ресурсных связей между проектами A_j подпрограмм $\Pi_i^{(k)}$, реализуемых за k -и сценариями (рис. 1).

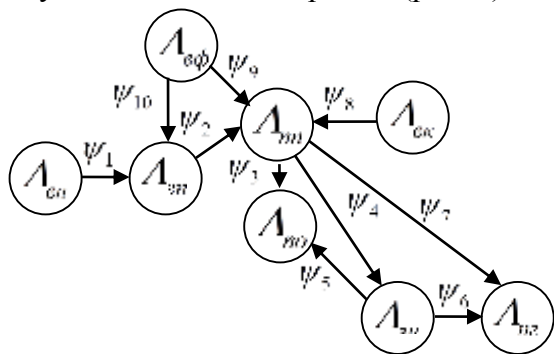


Рис. 1. Граф ресурсных связей между проектами j -х видов, реализуемых в подпрограммах $\Pi_i^{(k)}$ i -х видов за k -и сценариями:

A_j – проект j -о вида; ψ_m – m -я ресурсная связь между проектами

Fig. 1. Graph of resource connections between projects j species, realized in subprogram $\Pi_i^{(k)}$ i types of k scenarios: A_j – project j types; ψ_m

– m resource connection between projects

Анализ графа ресурсных связей между проектами A_j i -х видов подпрограмм $\Pi_i^{(k)}$, реализуемых по k -м сценариям (см. рис. 1) позволил установить, что он состоит из восьми вершин (проектов A_j j -х видов), которые объединены десятью ребрами (m -и ресурсными связями ψ_m между проектами A_j).

На основе этого графа формируется матрица инцидентности проектов A_j i -х видов подпрограмм $\Pi_i^{(k)}$, что реализуемых за k -и сценариями (табл. 1). Столбцы матрицы соответствуют ребрам (m -м ресурсным связям ψ_m между проектами A_j), строки – вершинам (проектам A_j j -х видов).

Ненулевое значение в ячейке матрицы указывает на существующую связь между проектами A_j благодаря ребрам ψ_m их инцидентности.

Таблица 1. Матрица инцидентности проектов

Table 1. Matrix of incidence projects

| | ψ_1 | ψ_2 | ψ_3 | ψ_4 | ψ_5 | ψ_6 | ψ_7 | ψ_8 | ψ_9 | ψ_{10} |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------------|
| A_{vn} | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| $A_{v\phi}$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1 | -1 |
| A_{vk} | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1 | 0 | 0 |
| A_{zn} | 1 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| A_{zu} | 0 | 0 | 1 | 1 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A_{nn} | 0 | 1 | -1 | -1 | 0 | 0 | -1 | 1 | 1 | 0 |
| A_{no} | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A_{nz} | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |

-1 – молоко является продуктом проекта A_j ; 1 – молоко является ресурсом для реализации проекта A_j ; 0 – в проекте A_j отсутствует связь.

На основании анализа матрицы (табл. 1) инцидентности проектов A_j можно сформировать k -е сценарии реализации подпрограмм $\Pi_i^{(k)}$ i -х видов.

Рассмотрим варианты k -х сценариев подпрограмм $\Pi_{ГН}^{(k)}$ производства молокопродуктов с участием ГН. Их

ОБОСНОВАНИЕ СЦЕНАРИЕВ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ПРОГРАММ РАЗВИТИЯ МОЛОЧНОГО СКОТОВОДСТВА

формируем на основании данных матрицы инцидентности проектов A_j j -х видов (см. табл. 1). Подставив соответствующие значения в выражения (3) и (4) получим:

$$P_{ГН}^{(k)} = \left\{ A_j \mid j \in C^{(k)} \right\}, \quad (6)$$

$$C^I = \{вн, зп, nn, no\}, \quad (7)$$

$$C^{II} = \{вн, зп, nn, зц, no\}, \quad (8)$$

$$C^{III} = \{вн, зп, nn, зц, nг\}. \quad (9)$$

Анализируя сценарии реализации подпрограммы $P_{ГН}^{(k)}$ можно сказать, что их три. В частности, во всех трех сценариях предусматриваются проекты $A_{вн}$ производства молока в ГН, проекты $A_{зп}$ первичной заготовки молока в поселковые пункты и проекты A_{nn} первичной переработки молока в поселковых заготовительных пунктах. В I сценарии реализации подпрограммы $P_{ГН}^{(I)}$ завершающими являются проекты A_{no} повторной переработки молока в поселковых заготовительных пунктах для снабжения его в торговую сеть, учреждения детского и общественного питания. В II и III сценариях предусматриваются проекты $A_{зц}$ централизованной заготовки молока МПП. Заключительными проектами во II и III сценариях являются соответственно проекты повторной A_{no} та глубинной $A_{nг}$ переработки молока для снабжения его в торговую сеть.

Рассмотрим варианты k -х сценариев подпрограмм $P_{ФГ}^{(k)}$ производства молокопродуктов с участием ФГ. Их аналогично формируем на основании данных матрицы инцидентности проектов A_j j -х видов (см. табл. 1). В результате выполненного анализа этой матрицы и используя выражения (3) и (4) получаем:

$$P_{ФГ}^{(k)} = \left\{ A_j \mid j \in D^{(k)} \right\}, \quad (10)$$

$$D^I = \{вф, зп, nn, no\}, \quad (11)$$

$$D^{II} = \{вф, зп, nn, зц, no\}, \quad (12)$$

$$D^{III} = \{вф, зп, nn, зц, nг\}, \quad (13)$$

$$D^{IV} = \{вф, nn, no\}, \quad (14)$$

$$D^V = \{вф, nn, зц, no\}, \quad (15)$$

$$D^{VI} = \{вф, nn, зц, nг\}. \quad (16)$$

На основании выражений (11–16) можно сказать, что существует шесть сценариев реализации подпрограммы $P_{ФГ}^{(k)}$. В частности, во всех шести сценариях есть проекты $A_{вф}$ производства молока в ФГ. Кроме того, в I, II и III сценариях предполагается реализация проектов первичной заготовки $A_{зп}$ и первичной переработки A_{nn} молока. В I и III сценариях реализации подпрограммы $P_{ФГ}^{(k)}$ предусматриваются проекты $A_{зц}$ централизованной заготовки молока. Заключительными проектами в I и II сценариях подпрограммы $P_{ФГ}^{(k)}$ есть проекты повторной A_{no} переработки молока для снабжения его в торговую сеть, учреждения детского и общественного питания, а в III сценарии проекты $A_{nг}$ глубокой переработки молока в МПП. Относительно IV, V и VI сценариев реализации подпрограммы $P_{ФГ}^{(k)}$, то у них отсутствуют проекты $A_{зп}$ первичной заготовки молока, а другие аналогичные как соответственно в сценариях I, II и III.

Рассмотрим варианты k -х сценариев подпрограмм $P_{КП}^{(k)}$ производства молокопродуктов с участием КП. Их определяем аналогично как для подпрограмм $P_{ГН}^{(k)}$ и $P_{ФГ}^{(k)}$. Используя выражения (3) и (4) получаем:

$$P_{КП}^{(k)} = \left\{ A_j \mid j \in E^{(k)} \right\}, \quad (17)$$

$$E^I = \{вк, nn, no\}, \quad (18)$$

$$E^{II} = \{вк, nn, зц, no\}, \quad (19)$$

$$E^{III} = \{вк, nn, зц, nг\}, \quad (20)$$

$$E^{IV} = \{вк, nn, nг\}. \quad (21)$$

На основании выражений (18–21) можно утверждать, что существует четыре сценария реализации подпрограммы $P_{КП}^{(k)}$. В частности, во всех четырех сценариях есть

проекты $A_{вк}$ производства и проекты A_{nn} первичной переработки молока, которые реализуются у КП. Кроме того, во II и III сценариях предполагается реализация проектов A_{zn} централизованной заготовки молока. Заключительными проектами в I и II сценариях подпрограммы $P_{кп}^{(k)}$ есть проекты повторной $A_{но}$ переработки молока для снабжения его в торговую сеть, учреждения детского и общественного питания, а в III IV сценариях проекты A_{nz} глубокой переработки молока.

Кроме выше указанных сценариев реализации подпрограмм $P_i^{(k)}$ ТИПРМ (P) существуют комбинированные. Эти сценарии комбинируются при наличии общей цепи проектов заготовки и переработки молока. В частности, в подпрограммах $P_{гн}^{(k)}$ и $P_{фг}^{(k)}$ можно выделить несколько общих таких проектов. Для каждого из них сформируем комбинированные сценарии, которые запишем выражениями (3) и (4):

$$P_{(гн,фг)}^{(k)} = \{A_j \mid j \in F^{(k)}\}, \quad (22)$$

- совместные проекты – $A_{zn}, A_{nn}, A_{зц}, A_{но}$:

$$F^{II} = \{вн, вф, zn, nn, зц, но\}, \quad (23)$$

- совместные проекты – $A_{zn}, A_{nn}, A_{зц}, A_{nz}$:

$$F^{II} = \{вн, вф, zn, nn, зц, nz\}. \quad (24)$$

У подпрограммах $P_{фг}^{(k)}$ и $P_{кп}^{(k)}$ можно выделить несколько общих проектов, которые являются основой формирования комбинированных сценариев. Запишем их выражениями (3) и (4):

$$P_{(фг,кп)}^{(k)} = \{A_j \mid j \in G^{(k)}\}, \quad (25)$$

- совместные проекты – $A_{nn}, A_{зц}, A_{но}$:

$$G^I = \{вф, вк, nn, зц, но\}, \quad (26)$$

- совместные проекты – $A_{nn}, A_{зц}, A_{nz}$:

$$G^{II} = \{вф, вк, nn, зц, nz\}. \quad (27)$$

У подпрограммах $P_{гн}^{(k)}$ и $P_{кп}^{(k)}$ также существуют совместные проекты. Они являются основой формирования комбинированных сценариев, которые запишем выражениями (3) и (4):

$$P_{(гн,кп)}^{(k)} = \{A_j \mid j \in H^{(k)}\}, \quad (28)$$

- совместные проекты – $A_{nn}, A_{зц}, A_{но}$:

$$H^I = \{вн, вк, zn, nn, зц, но\}, \quad (29)$$

- совместные проекты – $A_{nn}, A_{зц}, A_{nz}$:

$$H^{II} = \{вн, вк, zn, nn, зц, nz\}. \quad (30)$$

Кроме перечисленных вариантов сценариев подпрограмм $P_i^{(k)}$ ТИПРМ можно сформировать комбинированные из всех трех вышеуказанных подпрограмм ($P_{гн}^{(k)}, P_{фг}^{(k)}, P_{кп}^{(k)}$). Их запишем выражениями (3) и (4):

$$P_{(гн,фг,кп)}^{(k)} = \{A_j \mid j \in J^{(k)}\}, \quad (31)$$

- совместные проекты – $A_{nn}, A_{зц}, A_{но}$:

$$J^I = \{вн, вф, вк, zn, nn, зц, но\}, \quad (32)$$

- совместные проекты – $A_{nn}, A_{зц}, A_{nz}$:

$$J^{II} = \{вн, вф, вк, zn, nn, зц, nz\}. \quad (33)$$

На основании выше изложенного можно утверждать, что реализация ТИПРМ (P) в заданном регионе может осуществляться по двадцать одному сценарию, которые регламентируются технологическими связями между проектами этих программ. Среди этих сценариев можно выделить те, которые сформированы на основе отдельных подпрограмм $P_{гн}^{(k)}, P_{фг}^{(k)}, P_{кп}^{(k)}$ и комбинированные. Существует три сценария реализации отдельных подпрограмм $P_{гн}^{(k)}$, шесть – $P_{фг}^{(k)}$, четыре – $P_{кп}^{(k)}$. Относительно комбинированных сценариев, то для подпрограмм $P_{гн}^{(k)}, P_{фг}^{(k)}$ их есть два, $P_{фг}^{(k)}, P_{кп}^{(k)}$ – два, $P_{гн}^{(k)}, P_{кп}^{(k)}$ – два, $P_{гн}^{(k)}, P_{фг}^{(k)}, P_{кп}^{(k)}$ – два.

Обоснованные сценарии являются основой для имитационного моделирования реализации ТИПРМ по каждому из них и выбора между ними базового (эффективного) по ценности:

$$Ц^{(k)} = (P_i^k) \rightarrow \max. \quad (34)$$

где: $Ц^{(k)}$ – ценность от реализации ТИПРМ за k -м сценарием.

ОБОСНОВАНИЕ СЦЕНАРИЕВ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ПРОГРАММ РАЗВИТИЯ МОЛОЧНОГО СКОТОВОДСТВА

ВЫВОДЫ

1. Выполнен анализ действующих научно-методических основ управления программами свидетельствует о невозможности их использования для обоснования сценариев технологически интегрированных программ развития молочного скотоводства, так как они не учитывают ресурсные связи между проектами этих программ, которые определяются технологией производства молокопродуктов. 2. Установлено, что технологично интегрированные программы молочного скотоводства состоят из трех подпрограмм, в которых реализуется восемь видов проектов, имеющих десять видов ресурсных связей. 3. На основании построенного графа ресурсных связей между проектами и матрицы их инцидентности обосновано, что технологически интегрированные программы молочного скотоводства могут реализовываться по двадцать одному сценарию. 4. Дальнейшие исследования относительно обоснования базового (эффективного) сценария реализации технологически интегрированных программ развития молочного скотоводства нуждаются в имитационном моделировании этих программ для заданной проектной среды с целью определения ценности для заинтересованных сторон.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Закон України «Про державне прогнозування та розроблення програм економічного і соціального розвитку України» // Відомості Верховної Ради України. – 2000. – №25.
2. Про державні цільові програми [Електронний ресурс] : Закон України від 18.03.2004 № 1621–IV // Електронна система «Нормативні акти України».
3. Про затвердження Порядку розроблення та виконання державних цільових програм [Електронний ресурс] : Постанова Кабінету Міністрів України від 31.11.2007 р. № 106 // Електронна система «Нормативні акти України».

4. Бушуев С. Д. 2011. Креативні моделі як інструмент розвитку складних систем / С. Д. Бушуев, Р. Ф. Ярошенко // Управління розвитком складних систем : зб. наук. праць КНУБА. – К., – Вип. 5. 10–12.
5. Бушуев С. Д. 2010. Управління програмою інноваційного розвитку системи державних фінансів / С. Д. Бушуев, Р. Ф. Ярошенко // Управління розвитком складних систем : зб. наук. праць КНУБА. – К., – Вип. 3. 6–9.
6. Бушуев С. Д. 2010. Ценностный подход в управлении развитием сложных систем / С. Д. Бушуев, Д. А. Харитонов // Управління розвитком складних систем : зб. наук. праць КНУБА. – К., – Вип. 1. 10–15.
7. Бушуев С.Д., Бушуева Н.С. 2010. Механизмы формирования ценности в деятельности проектно-управляемых организаций // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – № ½ (43). – Харьков, – 4–9.
8. Андерсон Д. 2006. Дискретная математика и комбинаторика / Джеймс Андерсон. – М.: Вильямс, 960.
9. Новиков Ф.А. 2005. Дискретная математика для программистов / Ф.А. Новиков. – 2-е изд. – СПб.: Питер. 364.
10. Алферова З.В. 1974. Математическое обеспечение экономических расчетов с использованием теории графов / З.В. Алферова. – М. Статистика. 208.
11. Креативные технологии управления проектами и программами : Монография [Бушуев С.Д., Бушуева Н.С., Бабаев И.А. и др.] – К. : «Саммит-Книга», 2010. – 768.
12. Онищенко С.П. 2011. Структура, цель, продукт и ценность программ развития предприятий / С.П. Онищенко, Е.С. Арабаджи // Вісник Одеського національного морського університету.– № 33. – 175-186.
13. The Standard for Portfolio Management. – Project Management Institute, 2006. – 65.
14. The Standard for Program Management. – Project Management Institute, 2006. – 65.
15. Руководство к своду знаний по управлению проектами: Руководство РМВОК, 4-е изд., PMI – 2008. – 436.
16. Руководство по управлению инновационными проектами и программами

- P2M: т. 1, версія 1.2 / пер. на рус. язык под ред. С.Д. Бушуева. – К.: Наук. Світ, 2009. – 173.
17. Руководство по управлению инновационными проектами и программами / под ред. С.Д. Бушуева. – [т.1, версия 1.2]. – К.: Наук. світ, 2009. – 173.
18. Сидорчук О.В. 2007. Особливості управління проектами розвитку технологічно інтегрованих систем агропромислового виробництва / Сидорчук О.В., Тригуба А.М., Михалюк М.А., Рудинець М.В.// Тези доп. IV-ї Міжн. конф. Управління проектами у розвитку суспільства: Управління проектами в умовах глобалізації знань. – Київ: КНУБА, 137–138.
19. Чорна М.В. 2003. Проектний аналіз : Навчальний посібник / М.В. Чорна. – Харків : Консул, 228.
20. Model symulacyjny sygnału diagnostycznego simulating patternel of diagnostic signal / Krzysztof Plizga // Motoryzacja i energetyka rolnictwa // Motropol–2018. – Lublin, 2008. – том 10. – 207–219.
21. Trojanowska M., Maopolski J. 2011. Forecast models of electric energy consumption by village recipients over a long-term horizon based on fuzzy logic // teka kom. mot. i energ. roln. – ol pan, 11, 327–334.

JUSTIFICATION OF SCENARIOS TECHNOLOGICALLY INTEGRATED PROGRAMMS OF MILK PRODUCTION

Summary. The analysis of scientific and methodological bases of integration programs and reasonable justification for the need to develop methods of implementation scenarios technologically integrated programs of milk production are exist. The structure of technologically integrated programs of milk production is given. The method of the scenarios technologically implementing of integrated programs of milk production is created.

Key words: technologically integrated program, project, development, milk production, scenarios.

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ИЗМЕНЕНИЯ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ ТЕРМОНАПРЯЖЕННОЙ АРМАТУРЫ

Николай Козут, Руслан Гуменюк

Львовский национальный аграрный университет, Украина

Nikolay Kohut, Ruslan Humeniuk

Lviv National Agrarian University, Ukraine

Аннотация. Подан комплекс экспериментальных исследований относительно влияния времени нагрева, диаметра и длины прутка на изменения трещиностойкости термонапряженной арматуры.

Установлено, что увеличение времени нагрева t_n : 30; 90; 180с уменьшает разницу трещиностойкости ΔK_{IC} по длине прутка термонапряженной арматуры; зато увеличение диаметра D прутка увеличивает разницу трещиностойкости ΔK_{IC} по его длине и, напротив, уменьшение длины L прутка – уменьшает разницу трещиностойкости ΔK_{IC} по длине соответственно.

Ключевые слова: время нагрева, трещиностойкость, термонапряженная арматура, прутки, сталь.

разное время нагрева, который является характерным для исследуемого прутка в зависимости от его диаметра, длины и марки стали.

Влияние режимов термообработки на прочность сварных соединений для термонапряженной арматуры и конструкционных сталей с учетом режимов термообработки, типов исследуемых образцов, их размеров на трещиностойкость K_C , (K_{IC}) исследовано в [13-21].

Как будут влиять перечисленные факторы на изменения трещиностойкости K_C характеристики сопротивления материала распространению трещины для термонапряженной арматуры стало предметом наших исследований, речь о которых будет пойдет ниже.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Повысить надежность и долговечность ответственных элементов железобетонных конструкций, которые используют на строительстве, в частности панелей, ригелей, колонн, можно за счет термического упрочнения путем электронатяга [1-5], используя промышленные установки типа СМЖ-129Б [6] или разработанную малогабаритную лабораторную установку [7]. Такое упрочнение повышает физико-механические свойства стандартной длины арматуры прутка за счет увеличения ее твердости от 45...50HRC.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Согласно исследований [8–12] доказано, что термически упрочнена арматура по длине прутка имеет разные значения температуры с определенным диапазоном рассеивания в процессе ее электронатяжения и деформирования за

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Цель работы – исследовать две марки сталей 35ГС и 25Г2С, которые широко используют в строительной отрасли с учетом влияния технологических факторов: времени нагрева, диаметра и длины прутков на значение трещиностойкости K_C для разных участков по длине термически упрочненных прутков из этих сталей.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Изменение значений разницы трещиностойкости ΔK_C подсчитывают за формулой [9]:

$$\Delta K_C = K_{C\max} - K_{C\min} \quad (1)$$

где: $K_{C\max}$, $K_{C\min}$ – максимальное и минимальное значения трещиностойкости установлены по длине прутка.

За результатами проведенных экспериментальных исследований [8-12] для арматурных сталей 35ГС и 25Г2С можно выделить следующие составляющие относительно изменения разницы

трещиностойкости ΔK_C от таких технологических факторов:

а) разницу трещиностойкости ΔK_C от времени нагрева t_n прутков подсчитывали как: $\Delta K_C = \Delta K_{C1}$ для t_n (30 с) - ΔK_{C2} для t_n (90 с) - ΔK_{C3} для t_n (180 с);

б) разницу трещиностойкости ΔK_C от длины нагретых прутков L подсчитывали как: $\Delta K_C = \Delta K_{C1}$ для L (6000 мм) - ΔK_{C2} для $L_{заг}$ (1500 мм);

в) разницу трещиностойкости ΔK_C от диаметра нагретых прутков D подсчитывали как: $\Delta K_C = \Delta K_1$ для D (8мм) - ΔK_2 для D (16 мм);

г) разницу трещиностойкости ΔK_C от марок сталей $M_{ст}$ подсчитывали как: $\Delta K_C = M_{1ст} - M_{2ст}$.

Следовательно рассеивание значений разницы трещиностойкости ΔK_C от электротермического нагрева арматурных прутков для исследуемых сталей можно описать четырехпараметричной функцией

$$\Delta K_C = \Phi(t_n; D; L; M_{ст}), \quad (2)$$

где t_n – время нагрева, с; D – диаметр прутка, мм; L – общая длина прутка, мм; $M_{ст}$ – количество марок исследуемых сталей соответственно.

На основе экспериментально установленных данных нами построены взведенные графические зависимости изменения значений разницы трещиностойкости ΔK_C испытанных прутков от переменных формулы (2), которые представлены на рис. 1, а, б, в, для сталей 35ГС и 25Г2С соответственно.

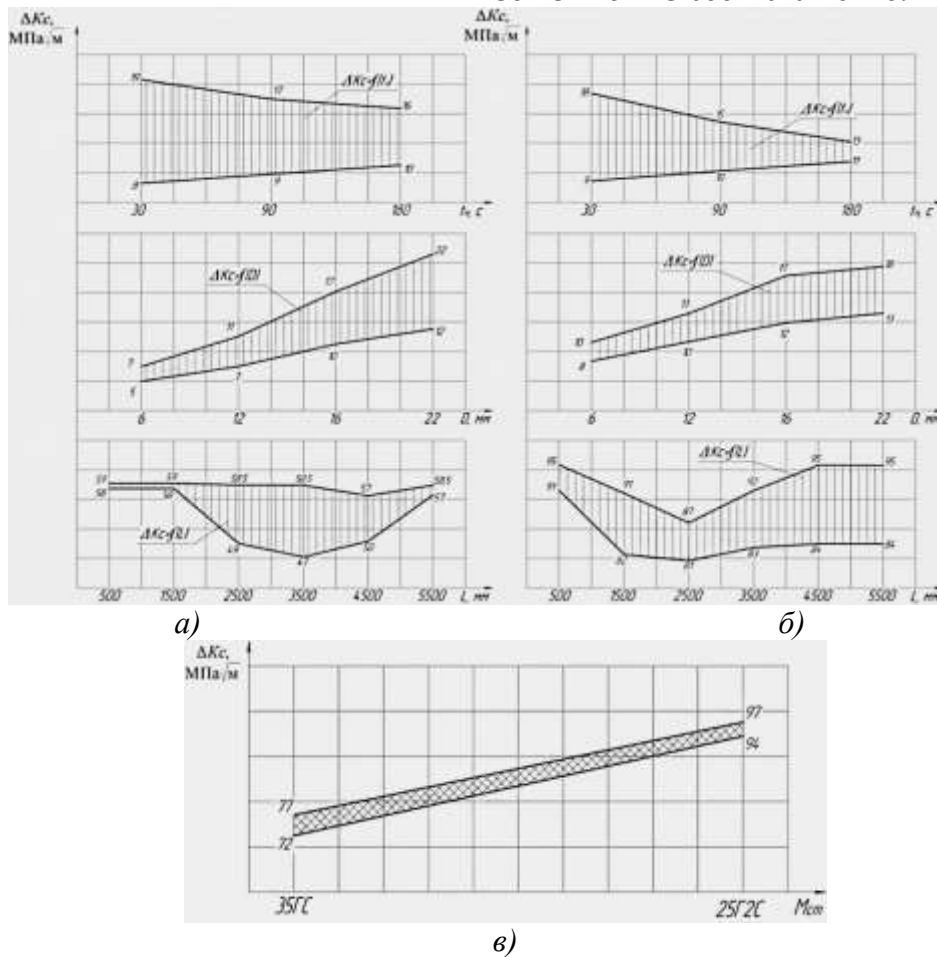


Рис. 1. Зависимости изменения рассеивания значений разницы трещиностойкости ΔK_C от переменных t_n ; D ; L ; $M_{ст}$, для стали 35ГС (а) и для стали 25Г2С (б), а также от переменной $M_{ст}$ (в): t_n – время нагрева, с; D - диаметр прутка, мм; L – длина прутка, мм; $M_{ст}$ – марка стали

Fig. 1. Dependences of scattering values difference ΔK_C fracture of variables $t_{heating}$; D ; L ; G_{steel} for steel 35HS (a) and for steel 25H2S (б), as well as variable G_{steel} (в): t – the heating time, s; D – diameter of the rod, mm; L - length of the rod, mm; G_{steel} – grade steel

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ИЗМЕНЕНИЯ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ ТЕРМОНАПРЯЖЕННОЙ АРМАТУРЫ

Приведенные значения чисел на (рис. 1, *a*, *б*, *в*) установлено в результате подсчета данных экспериментов за вышеуказанными уравнениями (п. *a*, *б*, *в*, *г*) соответственно.

Исходя из этих данных для стали 35ГС (рис. 1, *a*) имеем уменьшение рассеивания значений разницы трещиностойкости ΔK_C от увеличения времени нагрева прутков t_n , в тоже время рост рассеивания ΔK_C получен от увеличения диаметра прутков D и почти равномерное рассеивание ΔK_C по концам прутков и резкий рост рассеивания трещиностойкости ΔK_C по средним участкам длины прутков L соответственно.

Для стали 25Г2С (рис. 1, *б*) получены почти аналогичные закономерности рассеивания трещиностойкости ΔK_C от переменных формулы (2).

Относительно изменения значений разницы трещиностойкости ΔK_C от марки стали $M_{ст}$, то имеем уменьшение рассеивания этого параметра в пользу стали 25Г2С по сравнению со сталью 35ГС (рис. 1, *в*).

Вместе с тем установлено, что меньшие рассеивания значений разницы трещиностойкости ΔK_C по длине прутка характеризуют высшую трещиностойкость K_C для исследуемых сталей 35ГС и 25Г2С соответственно.

ВЫВОДЫ

1. Разработаны методики упрочнения термонапряженной арматуры на модернизированной промышленной СМЖ-129Б и изготовленной малогабаритной лабораторной установках с учетом контроля температур вдоль прутка с помощью термопар и чувствительной контрольно-измерительной аппаратуры, которые дают возможность отслеживать температурные изменения во времени технологического цикла.

2. Качество термонапряженных прутков арматурных сталей 35ГС и 25Г2С нужно оценивать в комплексе с учетом изменения значений разницы трещиностойкости ΔK_C от влияния четырех переменных, выраженных зависимостью $\Delta K_C = \Phi(t_n; D; L, M_{ст})$; – где: t_n – время нагрева прутков; D , L , $M_{ст}$ – диаметр, длина прутков и марка стали,

значения которых представлены на рис. 1, *a*, *б*, *в* соответственно.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ковчик С.Е. Влияние термической обработки на сопротивление некоторых сталей зарождению и распространению трещин / С.Е. Ковчик, Н.С. Когут, И. С. Сорокинский // Физико–химическая механика материалов. – 1972. – № 5. – 33 – 37.
2. Когут М.С. Методика зміцнення і контролю сталюї термонапруженої арматури та оцінки її тріщиностійкості / М.С. Когут, Р.В. Гуменюк // Вісник Львівського національного аграрного університету : Агроінженерні дослідження. – 2010. – № 14. – 276 – 282.
3. Когут Н.С. О выборе диаметра цилиндрического образца для определения K_{IC} материала / Н. С. Когут // Зав. лаборатория. – 1980. – № 3. – С. 277 – 279.
4. Лебедев А. А. Прогнозирование трещиностойкости сталей в зависимости от условий эксплуатации конструкций на малогабаритных образцах / А.А. Лебедев, Н.Г. Чаусов // Проблемы прочности. – 1992. – №11. – 29 – 33.
5. Романов Д.И. Электроконтактный нагрев металлов / Д.И. Романов. – М.: Машиностроение, 1981. – 165.
6. Установка СМЖ-129Б для удлинения арматурных стержней : ГОСТ 14890-69. – М. : Изд–во стандартов 1969. – 4.
7. Гуменюк Р.В. Лабораторна установка для зміцнення і контролю сталюї термонапруженої арматури / Р.В. Гуменюк, М.С. Когут // Зб. наук. пр. Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій : НАНУ Фіз. мех. інст. ім. Г.В. Карпенка. – Львів : Каменяр, 2012. – № 9. – 233 – 237.
8. Гуменюк Р.В. Вплив діаметра та довжини на коливання температури для термонапруженої арматури із сталей 35ГС і 25Г2С / Р.В. Гуменюк, М.С. Когут // Матеріали всеукраїнської наук.–практ. конференції молодих учених, аспірантів і студентів "Підвищення надійності та міцності деталей при ремонті з

використанням перспективних методів зміцнення" : МНАУ. 25 – 26 вересня 2013. – 87 – 90.

9. Гуменюк Р.В. Оцінка міцності й тріщиностійкості сталюї термонапруженої арматури та її зварних і склеєних з'єднань / Р. В. Гуменюк, автореф. дис. канд. техн. наук. ЛНТУ, Луцьк, 2014. – 20.

10. Когут М. С. Вплив масштабного чинника на тріщиностійкість термонапружених і вихідних арматурних сталей / М. С. Когут, Р. В. Гуменюк // XI міжнародний симпозіум українських інженерів–механіків у Львові : тези доп. – Львів : КІНПАТРИ ЛТД. – 2013. – 40 – 41.

11. Когут М.С. Тріщиностійкість прутків арматурних сталей з електротермічним попереднім напруженням / М.С. Когут, Р. В. Гуменюк // Наукові нотатки міжвузівського збірника (за напрямом „Інженерна механіка”) ЛНТУ. – 2009. – № 25, ч. 1. – 176 – 182.

12. Когут М. С. Тріщиностійкість термонапруженої арматури і вплив на неї коливань температури / М. С. Когут, Р. В. Гуменюк // Проблеми прочності. – 2011. – № 5. – 82 – 89.

13. Когут М. С. Визначення тріщиностійкості (K_{IC}) металу шва сталюї термонапруженої арматури на циліндричному зразку з кільцевою тріщиною / М.С. Когут, Р.В. Гуменюк // MOTROL. Commission of Motorization and energetics in agriculture. – 2012. – Vol. 14, № 4. – 28 – 31.

14. Когут Н.С. Трещиностойкость конструкционных материалов / Н. С. Когут. – Львов : Выща шк. 1986. – 160.

15. Лебідь Н.М. До питання щодо визначення характеристики тріщиностійкості (K_{IC}) матеріалів / Н.М. Лебідь, Я.С. Щадило // Вісник ДУ „Львівська політехніка” Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні і приладобудуванні. – 1996. – Вип. 303. – 70 – 77.

16. Махутов Н.А. Достоверность характеристик трещиностойкости при

испытаниях цилиндрических образцов с кольцевой трещиной / Н.А. Махутов, В.В. Москвичев // Физ.-хим. механика материалов. – 1979. – № 5. – 70 – 77.

17. Панасюк В.В. Механика квазихрупкого разрушения материалов / В. В. Панасюк. – К. : Наук. думка, 1991. – 415.

18. Трещиностойкость конструкционных сталей при статическом и усталостном нагружении / [Н.С. Когут, В.Н. Москвичев, Н. Л. Кукляк и др.] // Проблемы прочности. – 1990. – № 7. – 28 – 31.

19. Чаусов Н.Г. О влиянии размеров образца на параметры трещиностойкости, определяемые на основании полных диаграмм деформации / Н. Г. Чаусов // Проблемы прочности. – 2004. – № 5. – 117 – 123.

20. A new regeneration method of barethread roller bracers. [W. Pekarski, J. Gromko, N. Kogut etc.] Motrol. – Motoryzacja i energetyka rolnictwa. – Lublin. – 2004. – Т. 6. – 220 – 226.

21. Kogut M.S. Fracture toughness of structural materials and their welded joints / M.S. Kogut, V.A. Shabaikovich // Fracture mechanics successes and problems. Collection of Abstracts. Part II. ICF-8. Kiev, 1993. – 603 – 604.

INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL FACTORS ON THE CRACK RESISTANCE OF HEAT-STRAINED REINFORCEMENT

Summary. Posted complex experimental research on the influence of heating time, the diameter and length of the rod to changes in fracture thermostressed fittings.

It was established that the increase in heating time t : 30; 90; 180 sec reduces the difference ΔK_{IC} fracture length rod thermal stresses valves; instead of increasing the diameter D rod increases the difference ΔK_{IC} fracture along its length and, conversely, reduce the length of the rod L - reduces fracture ΔK_{IC} difference in length respectively.

Key words: heating time, crack resistance, heat-strained reinforcement, rod, steel.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ СКОРОСТНЫХ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОПРИВОДА КОМПЛЕКСА АКТИВНОГО ВЕНТИЛИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ АДАПТИВНЫХ НЕЙРОНЕЧЁТКИХ СИСТЕМ

Ирина Луцьк, Валерий Федорейко

Тернопольский национальный педагогический университет им. Владимира Гнатюка, Украина

Iryna Lutsyk, Valeriy Fedoreyko

State National Pedagogical University named after Volodymyr Hnatyuk, Ukraine

Аннотация. Обосновано эффективность использования адаптивных нейронечётких систем для реализации дифференцированных скоростных режимов электропривода комплекса активного вентилирования зерна с учетом термовлажностных параметров зерновой насыпи и наличия насекомых-вредителей. Созданная адаптивная система позволяет уменьшить удельные затраты энергии и обеспечить поддержание качественных показателей сырья в зерноскладах.

Ключевые слова: активное вентилирование, зерно, электропривод, скоростные режимы, самосогревание, адаптивные нейронечеткие системы.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Энергетический кризис и проблема ресурсосбережения на сегодняшний день требует модернизации автоматизированных электротехнологий, что позволило бы снизить потери качества растительных биоресурсов и уменьшить энергоёмкость технологических процессов, связанных с их хранением и переработкой. Ведь в Украине только зерновых запасов ежегодно теряется около 5 % по причине некачественных условий хранения [5, 17].

Одним из способов обеспечения длительной сохранности зерна является активное вентилирование. Для сокращения времени вентилирования, удельную подачу воздуха часто увеличивают до 250 м³/т в час и более, однако это связано со значительным потреблением электроэнергии. [1, 4, 14]. Поэтому необходимо устанавливать удельные подачи воздуха, обеспечивающие охлаждение зерна и предотвращающие его порчу и потери при минимальных затратах на вентилирование.

Усовершенствование существующих комплексов активной вентиляции возможно путем применения частотно-регулируемого электропривода, что позволяет дифференцировать скоростные режимы работы оборудования [6, 7, 9].

Перспективным направлением решения этой проблемы является, в частности, внедрение в электротехнологические комплексы активного вентилирования автоматизированных систем управления с интеллектуальными модулями принятия решения [11]. Такие системы смогли бы с минимальными энергозатратами, обеспечить сохранность зерна в условиях неопределенности, вызванной непредсказуемыми изменениями температурно-влажностного распределения в зерновой насыпи вследствие явлений самосогревания.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Определение эффективных режимов активного вентилирования должно базироваться на всестороннем анализе всех составляющих электротехнологического комплекса [5, 6, 11, 14]:

- зерновой насыпи как объекта вентилирования,
- системы управления как средства контроля технологических параметров и задания управляющих режимов;
- электропривода вентиляционной установки как средства реализации скоростных режимов вентилирования.

Изучению влияния режимов активного вентилирования на состояние зерновой насыпи посвящены работы А. В. Лыкова, Л. А. Трисвятского, Е. М. Вобликова, Г. Б.Иноземцева, Дж. Андерсона и др. Анализ научных работ позволил определить, что для исследования зерновой насыпи как

объекта вентилирования необходимо учитывать его физико-технологические и электрофизические свойства, наличие насекомых-вредителей, изменение термовлажностных параметров и их взаимовлияние [1, 17].

Для повышения энергоэффективности регулируемого электропривода в вентиляционных установках применяют асинхронные двигатели. Анализ научных трудов выдающихся ученых, в частности И. Я. Браславского, М. Ф. Ильинского, Н. А. Корчемного, М. Г. Поповича позволил наметить пути обеспечения режимов работы асинхронного электропривода для поддержания качественных характеристик сырья с использованием минимальных энергозатрат [3, 9, 11].

Реализация энергоэффективного электро-технологического комплекса активного вентилирования зерносклада в условиях недостаточности измерительной информации и многообразии факторов, влияющих на технологический процесс, возможна на основе использования системы управления, которая, используя нейронечеткие модули принятия решений, осуществляла бы выбор скоростных режимов работы оборудования [5, 8, 14].

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

С целью уменьшения удельных затрат энергии и обеспечения поддержания качественных показателей сырья в зерноскладах необходимо обосновать эффективность использования адаптивных нейронечетких систем для реализации дифференцированных скоростных режимов электропривода системы активного вентилирования в зависимости от термовлажностного состояния сырья и наличия насекомых-вредителей.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Для установления взаимосвязей термовлажностных показателей зерновой насыпи с абиотическими факторами технологии хранения проведен мониторинг состояния сырья в зерноскладе. За период с

20.11.2010г. по 20.12.2010 г. осуществлялись замеры температуры окружающей среды и в контрольных точках насыпи кукурузы на глубине 10 см, 50 см и 1 м (рис. 1).

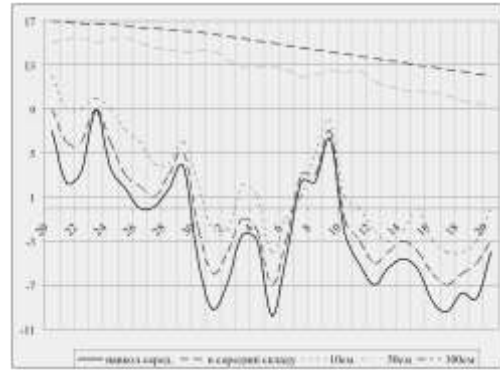


Рис. 1. Изменение температуры зерновой насыпи в зерноскладе

Fig. 1. Temperature change of grain in granaries

Колебания температуры зерна относительно температуры окружающего воздуха различно на разной глубине насыпи. Если на поверхности насыпи и на глубине до 40 см от поверхности температура зерна почти соответствует температуре окружающей среды, то на глубине 1 м и более, такие колебания незначительны, только сохраняется общая тенденция изменения температур в соответствии с периодом года. Это, с одной стороны, способствует негативному явлению самосогревания, с другой — позволяет использовать процесс активного вентилирования для нагнетания холодного воздуха в насыпь.

Кроме того, это дает основания утверждать, что для процесса активного вентилирования трудно обеспечить достаточно точное математическое описание, ведь характеристики объекта при функционировании могут значительно меняться [2, 4, 12]. Одним из путей решения данной проблемы является определение эффективных коэффициентов тепло-влагообмена на основе экспериментальных исследований и применения нейронечетких технологий, позволяющих смоделировать процессы, которые проходят в условиях неопределенности. В дальнейшем, с помощью имитационного моделирования, можно отследить динамику изменений и оптимизировать скоростные режимы работы электротехнологического комплекса.

Вентилирование зерна можно

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ СКОРОСТНЫХ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОПРИВОДА КОМПЛЕКСА АКТИВНОГО ВЕНТИЛИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ АДАПТИВНЫХ НЕЙРОНЕЧЁТКИХ СИСТЕМ

рассматривать как частный случай процесса низкотемпературной сушки [1, 17]. Поэтому, модифицировав и дополнив некоторые зависимости, отражающие характер протекания сушки, можно проследить изменения, которые происходят при вентилировании зерна атмосферным воздухом:

1. Зависимость между скоростью вентиляции $dt_z / d\tau$ и температурой зерна t_z :

$$\frac{dt_z}{d\tau} = f(t_z). \quad (1)$$

2. Взаимосвязь между продолжительностью безопасного хранения зерна $\tau_{зб}$ и температурой t_z и влажностью w_z зерновой массы:

$$\tau_{зб} = f(t_z, w_z). \quad (2)$$

3. Функциональное соотношение между аэродинамическим сопротивлением слоя зерна и скоростью агента сушки (воздуха):

$$H_{зи} = f(v_n). \quad (3)$$

Таким образом, основными функциональными зависимостями для определения расходов энергии $E_{ав}$ есть:

– производительность вентиляции Q , м³/час:

$$Q = f(w_{з.в.}, m_z, \tau, \lambda, \alpha, a), \quad (4)$$

где: m_z – масса зерна, λ – коэффициент теплопроводности; α – коэффициент теплообмена, a – температуропроводность зерна.

– аэродинамическое сопротивление зернового слоя $H_{зи}$:

$$H_{зи} = f(h, v_n, t_n, w_n, S_z, \lambda_z, a_z), \quad (5)$$

где: h – высота насыпи, v_n, t_n, w_n – скорость, температура и влажность воздуха, S_z – скважистость зерновой насыпи.

Целевой функцией управления процессом активного вентилирования Z_{AB} является минимизация потерь зерна B_z , затрат энергии $E_{ав}$ при соответствующих ограничениях по качественным показателям продукта: температура t_z и влажность w_z и зараженность $k_{зшк}$ не должны превышать заданного допустимого значения:

$$Z_{AB} = B_z \wedge E_{AB}, \quad \begin{cases} E_{ав} = f(Q, H_{зи}, m_z) \Rightarrow \min \\ B_z = f(t_z, w_z, k_{зшк}) \Rightarrow \min \end{cases}. \quad (7)$$

В своих исследованиях нами рассмотрено три вида зерновых культур: пшеница, рапс и кукуруза. Этот выбор обоснован тем, что данные культуры имеют разную теплопроводность и скважистость. У кукурузы и рапса, как масличных культур, процессы самосогревания более интенсивны, поэтому требуется более интенсивное охлаждение. Однако здесь возможна дифференциация подачи воздуха, ведь скважистость кукурузы намного больше чем рапса, что позволяет уменьшить затраты энергии

Пользуясь экспериментальными данными относительно предельных безопасных значений взаимосвязи температуры зерновой насыпи t_{zp} в промежутке от 5 до 35 °С и его влажности w_{zp} в диапазоне от 5 до 20 %, с помощью регрессионного анализа определены функциональные зависимости термовлажностных показателей, предшествующих процессу самосогревания для зерновых культур:

– рапса:

$$w_{zp}(t) = 5,078 + 85,64 / t, \quad (8)$$

– кукурузы:

$$w_{zp}(t) = 14,14 + 0,09 \cdot t - 0,023 \cdot t^2 + 0,0004 \cdot t^3, \quad (9)$$

– пшеницы:

$$w_{zp}(t) = 18 + 0,18 \cdot t - 0,035 \cdot t^2 + 0,0007 \cdot t^3. \quad (10)$$

Поскольку количество физических датчиков температуры на зерноскладах ограничено, поэтому нами предложено использование виртуальных датчиков, которые, на основе полученной информации от сенсорных датчиков и руководствуясь данными, хранящимися в базах знаний касательно температуры в предыдущие периоды времени позволяют определять температуру в необходимых точках. В основе функционирования таких виртуальных датчиков лежит нейросетевой аппарат [2].

Таким образом, создать эффективную систему мониторинга состояния зерновой насыпи в хранилище в условиях недостаточности измерительной информации и многообразия факторов, влияющих на результат измерения, можно на основе

использования технологии Data Mining – процесса поддержки принятия решений, основанные на основе поиска в данных скрытых закономерностей.

Согласно этой технологии можно установить не только текущие значения температур, но и общую тенденцию изменения градиента температуры в насыпи на расстоянии от очага самосогревания и скорости повышения температуры. Оценка тенденций изменения температур позволяет прогнозировать развитие самосогревания, а значит дифференцировать необходимую подачу воздуха, что позволит уменьшить затраты энергии.

Эффективное прогнозирование возможно при наличии некоторого минимума наблюдений. Однако, поскольку зерно является живым организмом, то предусмотреть все возможные его температурно– влажностные реакции на изменения в окружающей среде или в условиях хранения практически невозможно. В таком случае построить нейросетевую систему прогнозирования все же можно, при этом модель будет уточняться в процессе поступления в нее свежих данных [2].

Для получения данных, размещаемых в базах знаний информационных систем а также для определения влияния скоростных режимов активного вентилирования на ход процесса самосогревания и содержание вредителей в зерновом насыпи, проведено исследование на основе макета электротехнологического комплекса вентилиации зерносклада (рис. 2). Основными составляющими макета были: 1 – блок питания для двигателя, 2 – блок питания для контроллера, 3 – цифровой мультиметр, 4 – ЛАТР, 5 – вентилятор, 6 – ПК, 7 – контроллер, 8 – преобразователь частоты, 9 – нагревательные элементы, 10 – перфорированный вентиляционный канал, 11 – датчики температуры, 12 – макет зерносклада.

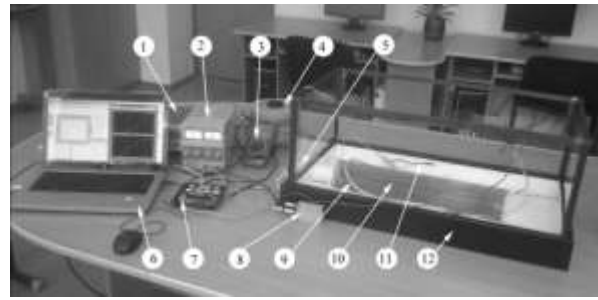


Рис. 2. Установка для исследования скоростных режимов вентилирования:
Fig. 2. The installation for the study of speed of modes ventilation.

Исследован процесс охлаждения насыпи кукурузы при наличии очагов самосогревания. Продолжительность затухания температурной волны с очагом 35°C без продувки составляла 96 час. При подаче в насыпь воздуха с напором $0.007\text{ м}^3/\text{с}$ и $0.015\text{ м}^3/\text{с}$ продолжительность охлаждения до температуры 20°C составила, соответственно, 24 и 14 ч, то есть в 4–7 раз меньше длительности затухания температурной волны без продувки. Следовательно, при таких условиях нет необходимости в создании максимального напора воздуха, что позволяет дифференцировать скоростные режимы вентилирования.

Также исследовалось охлаждения насыпи при имеющихся насекомых-вредителях. Для этого проводили вентилирования зараженного зерна при температуре окружающей среды $+10^{\circ}\text{C}$ и -5°C , относительной влажности воздуха 80 %. На рисунке 3 представлены результаты исследований зараженности зерновой насыпи при температуре $+10^{\circ}\text{C}$ для трёх режимов: 1 – невентилируемая насыпь; 2 – скорость вентилирования $0,12\text{ м/с}$; 3 – скорость вентилирования $0,2\text{ м/с}$. Полученные результаты доказывают необходимость высоких норм подачи холодного воздуха с целью обезвреживания насекомых (рис. 3).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ СКОРОСТНЫХ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОПРИВОДА КОМПЛЕКСА АКТИВНОГО ВЕНТИЛИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ АДАПТИВНЫХ НЕЙРОНЕЧЁТКИХ СИСТЕМ

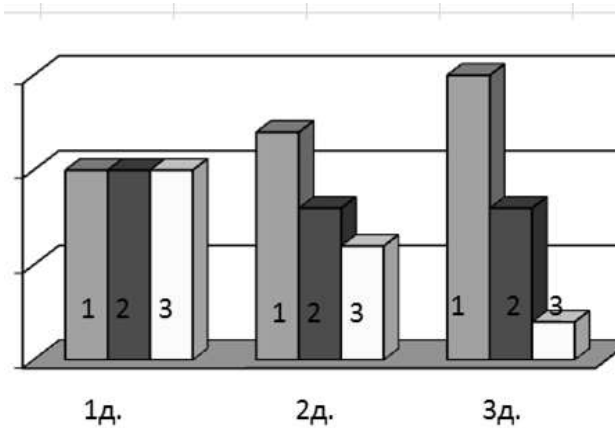


Рис. 3. Гистограмма изменения зараженности зерновой насыпи

Fig. 3. The histogram changes infestation grain mass

Учитывая выше изложенное, создан алгоритм расчета, который позволяет дифференцировать подачу воздуха по трем основным режимам.

Первый – это режим для обезвреживания насекомых – вредителей, где воздух подается с максимальным напором. Второй – для нивелирования самосогревания, где возможна подача воздуха уже с меньшей интенсивностью. Третий – для профилактической работы, который позволяет сэкономить энергозатраты примерно на 50 %.

Для дифференцирования скоростных режимов целесообразно использование частотно-регулируемого электропривода, что обеспечит значительное снижение момента нагрузки при снижении скорости вращения приводного двигателя [1].

Поскольку характеристики объекта при функционировании могут значительно изменяться, поэтому для реализации разработанного алгоритма целесообразно использование адаптивных систем, которые не требуют полного априорного знания объекта управления и условий его функционирования. В соответствии с алгоритмом, разработана имитационная модель вентиляционного комплекса, которая позволяет воспроизводить динамику изменений основных параметров.

Разработанная имитационная модель (рис.4) состоит из:

1 - модуля регулирования параметров асинхронного двигателя; 2 – модуля анализа

параметров сырья, 3 – модуля вычисления энергетических параметров; 4 – асинхронного двигателя, 5 – вентилятора.

Система проводит обработку информации от датчиков температуры, значений влажности зерна и воздуха и показателя зараженности зерна с определенной дискретностью во времени. С помощью отдельных модулей сначала проводится проверка о допустимости проведения вентиляции (определение равновесной влажности зерна).

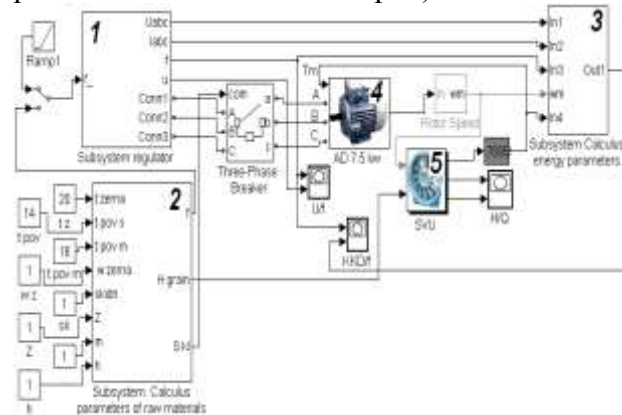


Рис. 4. Имитационная модель вентиляционного комплекса

Fig. 4. Simulation model of the ventilation complex

После этого осуществляется выбор режима вентиляции согласно значениями детекторов зараженности и самосогревания, на основе которых устанавливается необходимая производительность вентилятора с учетом потерь напора, происходящего из-за сопротивления зернового слоя.

Поскольку основные процессы, которые происходят в зерновой насыпи являются случайными и нечетко определенными, для реализации определенных модулей имитационной модели нами использовано адаптивные нейронечеткие интеллектуальные системы (ANFIS). Так, для установления допустимости проведения активного вентилирования, использована схема, которая сформирована за каскадным методом и состоит из двух fuzzy-систем. Определение минимального количества термов, которые бы адекватно позволили воссоздать диапазон значений входных переменных, проведено на основе

кластеризации распределения данных. Тестирование обученных систем доказало их адекватность: среднеквадратичная погрешность составила не более 0,35 %.

В соответствии с общей схемой расчета режимов вентиляции, одной из подсистем является модуль определения производительности вентилятора. Диапазон значений норм вентиляции не является четким и достаточно размыт, поэтому этот модуль реализован с помощью ANFIS-систем, функционирующих согласно алгоритму Mamdani и реализует выбор производительности вентилятора согласно выбранного режима для определенной зерновой культуры.

Для расчета напора вентилятора необходим учет сопротивления зернового слоя, который отличается для каждой культуры, а также отличается на разных высотах насыпи и для различных скоростей вентиляции. Поэтому для обеспечения адекватного воспроизведения процессов в модуль добавлено нечеткие системы, функционирующие по алгоритму Sugeno, формирование баз знаний которых осуществлено на основе экспериментальных данных для исследуемых нами культур. На рисунке 5 представлена поверхность обученной fuzzy-системы для определения сопротивления насыпи кукурузы в зависимости от скорости воздушного потока и высоты слоя зерна.

Производственные испытания разработанной системы регулирования подтвердили результаты имитационного и физического моделирования. Это позволяет утверждать о целесообразности применения системы управления на базе нечетких технологий с целью определения рациональных скоростных режимов электропривода электротехнологического комплекса вентиляции зерна.

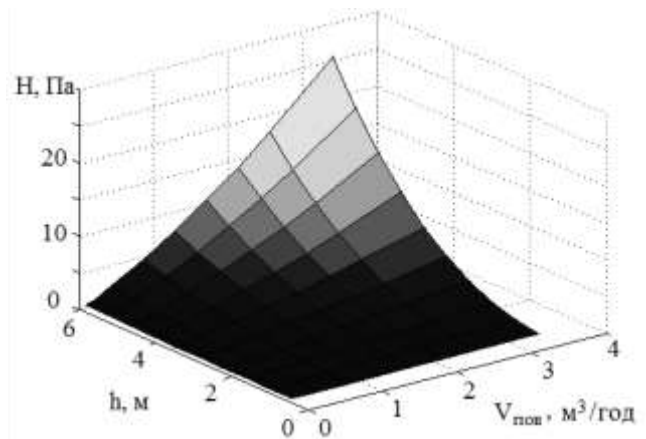


Рис. 5. Зависимость сопротивления зернового слоя от его высоты и скорости воздушного потока.

Fig. 5. The dependence of the resistance of the grain layer on its height and speed of the air flow.

ВЫВОДЫ

1. Доказано, что решение задачи снижения энергетических затрат возможно путем регулирования скоростных режимов работы оборудования, что обеспечивается системой управления с использованием нечетких модулей принятия решений.

2. Разработана модель идентификации областей самосогревания посредством применения виртуальных датчиков температуры и на основе установленных аналитических зависимостей, раскрывающих взаимосвязь предельно допустимых значений температуры и влажности для рапса, кукурузы и пшеницы.

3. Установлены зависимости норм подачи воздуха для охлаждения насыпей исследуемых видов зерна при различных скоростях вентиляции в условиях возникновения очагов с критическими значениями температуры и влажности и наличия насекомых – вредителей, что позволило определить рациональные скоростные режимы электропривода для нивелирования процесса самосогревания и для обезвреживания насекомых. Это обеспечивает снижение удельных затрат электроэнергии на 17–35 %.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ СКОРОСТНЫХ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОПРИВОДА
КОМПЛЕКСА АКТИВНОГО ВЕНТИЛИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ АДАПТИВНЫХ
НЕЙРОНЕЧЁТКИХ СИСТЕМ

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Anderson Dzh., Olkok A. 1978. Hranenie zerna i zernovyyh produktov. M.: Kolos. 472.
2. Bereka O.M., Naumenko O.V. 2011. Zneshkodzhennyya v silnih elektrichnih polyah komah-shkidnikiv zerna // MOTROL. Motorization and Energetics in Agriculture – Volume 13D. 291–295.
3. Braslavskiy I. 2004. Energozberigayuchiy asinhronniy elektroprivod. M.: VTs.Akademiya. – 256.
4. Drincha V.M. 2010. Osnovnye kontseptualnye polozheniya aktivnogo ventilyrovaniya zerna // Energoberezhenie v APK. – Vestnik OrelGAU No.1(22), 35–38.
5. Fedoreyko V.S., Lutsyk, I.B. 2011. Monitoring temperaturi u zernoshovishchah na osnovi neyrotehnologiy // Pratsi Tavriyskoho derzhavnoho agrotekhnolohichnoho universytetu, Vol. 4, No. 24, 139–148.
6. Fedoreyko V. , Lutsyk I., Rutylo M. 2011. Adaptivne chastotne keruvannya asinhronnim elektroprivodom ventilyatsiynih ustanovok // Naukoviy visnik NUBiP Ukrayini., No. 166, Vol. 4., 89–94.
7. Garces L. J. 1980. Parameter adaptation for the speed–controlled static ac drive with a squirrel–cage induction motor // IEEE Trans. Ind. Appl. —Vol. Ia–16, 73–78.
8. Haykin S. 1994. Neural Networks. A comprehensive foundation. New York, NY: Macmillan. – 696.
9. Ilinskiy N.F. 1989. Energoberezhenie v elektroprivode. M.: Vyssh. Shkola. – 127.
10. Jia C. 2001. Computer simulation of temperature changes in a wheat storage bin // Journal of Stored Products Research No. 37, 165–177
11. Korchemniy M. O., Fedoreyko V. S. 2007. Intelktualni tehnologiyi upravlinnya ta priynyattya rishen. Ternopil: TNPU – 140.
12. Kusińska E. 2008. Hydraulic resistance of air flow through wheat grain in bulk // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – OL PAN, 8, 121–127.
13. Kusińska E., Zawilak K., Sobczak P. 2008. Energy consumption of maize grain crushing depending on moisture content // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – OL PAN, 8, 129–134.
14. Lutsyk I.B. 2013. Vpliv shvidkisnih rezhimiv ustanovok aktivnogo ventilyuvannya na biologichni protsesi v zernovomu nasipi // Naukoviy visnik NUBiP Ukrayini, No. 184, 246–256.
15. Metzger J.F., Muir. W.E. 1983. Computer model of two–dimensional conduction and forced convection in stored grain // Can. Agric. Eng. 25: 119–125.
16. Voblikov E.M., Buhantsov V.A., Maratov B.K. 2001. Posleuborochnaya obrabotka i hranenie zerna. Rostov na Donu. MarT. – 240.

**DEFINITION OF RATIONAL SPEED
MODES OF ELECTRIC DRIVE OF
COMPLEX OF ACTIVE VENTILATION
USING BY ADAPTIVE NEURO-FUZZY
SYSTEMS**

Summary. Substantiated efficiency of the use of adaptive neuro–fuzzy systems for implementing differentiated of speed modes of electric complex of active ventilation of grain. Also taken into account the change temperature and humidity of grain mass and the presence of pests. Developed adaptive system of regulation provide reduced specific energy consumption and ensured the maintenance of quality indicators in granaries.

Key words: active ventilation, grain, electric drive, speed modes, self-warming, adaptive neural–fuzzy systems.

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВА ПРИЗНАКОВ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ПОЧВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МУЛЬТИФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА

Василь Смильский¹, Александр Сидорчук²

¹Тернопольский национальный педагогический университет им. Владимира Гнатюка, Украина

²Национальный научный центр «ИМЭСХ», Украина

Vasiliy Smyl'skyi¹, Alexander Sydorchuk²

¹State National Pedagogical University named after Volodymyr Hnatyuk, Ukraine

²NSC «Institute of farm mechanization and electrification», Ukraine

Аннотация. Предлагается новый метод выражения гранулометрического состава почв, основанный на методологии фрактальной геометрии. Метод позволяет идентифицировать почвы по двум количественным характеристикам во всем диапазоне размеров фракций и может быть использован для анализа любых дисперсных материалов.

Ключевые слова: гранулометрический, метод, классификация, почва, фрактал.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Управление физическим состоянием почвы с целью создания оптимальных условий обитания культурных растений является частью общей проблемы эффективного земледелия [1, 2, 5–7]. Наиболее важными свойствами, определяющими технологические условия обработки почвы и условия произрастания растений, являются гранулометрический состав и плотность строения [5, 6]. Эти показатели определяют также и требования к конструированию почвообрабатывающей техники, ходовых систем машинно-тракторных агрегатов, и качеству возделывания почв. Отсюда следует важный вывод о том, что учет индивидуальных свойств почвы делает возможной разработку новых уточненных аналитических оценок различных почв как объекта, определяющего конструкции рабочих органов почвообрабатывающей техники. Главной проблемой здесь является наличие надёжных оценочных показателей для объективной идентификации почв по гранулометрическому составу. Сейчас в практике почвоведения использование этого показателя вызывает ряд трудностей, поскольку традиционные методы не могут

справиться с этим заданием [7–11]. Решение задач классификации почв на основе старой парадигмы гранулометрического анализа проблематично, а потому нужно создать такой методологический базис для классификации почв, который позволит органически объединить разные научные подходы в общую концепцию.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Гранулометрический состав (дисперсность) почвы определяется путем ее разделения на элементарные частицы с последующим их объединением в размерные классы (фракции) и представлением массового содержания каждой фракции в виде гистограммы или полигона частотного распределения. Специалисты по физике почв с давних пор стремились применить математику к описанию сложной и неоднородной почвенной среды. Проблемой классификации почв по гранулометрическому составу занимались В.В. Докучаев, С.И. Долгов, К.К. Гедройц, Н.А. Качинский, Н.Г. Сибирцев и много других ученых [4, 5, 7–11]. Каждые классификационные теории помогали упорядочить эмпирические данные, но присутствовавшие в них элементы несовершенства побуждали к новым поискам.

Известны попытки применения для этой цели вероятностных функций нормального и log-нормального распределения, характеристиками которых есть среднее значение размера частиц, дисперсия, стандартное отклонение, квантильные коэффициенты, коэффициент вариации [8, 9, 11]. Известный почвовед П.Н. Березин

считает, что этот метод пригоден для приближенного описания состава песков, но неприменим к мелкодисперсным почвам [8]. Достоверная аппроксимация эмпирического распределения гранулометрических фракций почв возможна лишь при условии его близости к какому-либо стандартному распределению. Эмпирические распределения гранулометрических фракций почв, приведенные в специальной литературе, опровергают представление об их «нормальности» [10–12, 14, 16]. К тому же замена широкого спектра фракций почв средним значением неправомерна с позиции неравноценности свойств отдельных фракций. Известно, что песчаные фракции с размером частиц $>0,25$ мм не набухают, характеризуются высокой фильтрацией и незначительной водоподъемной способностью, а фракции мелкого песка и пыли имеют в 10 раз большую высоту капиллярного поднятия и почти на порядок меньший коэффициент фильтрации. Во фракциях ила и глины содержится почти весь гумус почвы, а в песке его практически нет [5,10]. Следовательно, даже в случае идеального подчинения эмпирического распределения нормальному закону, средний размер и его дисперсия не могут представлять свойства таких противоположных фракций.

Из-за отсутствия приемлемого способа аналитического выражения дисперсности почв, сейчас в почвоведении доминирует разделение гранулометрических фракций на две разнородные группы – «физическую глину» ($<0,01$ мм) и «физический песок» ($>0,01$ мм), которое впервые осуществил Н.М. Сибирцев [4]. Позже на его основе было предложено несколько классификаций, из которых оказалась наиболее удачной классификация Н.А. Качинского, в которой множество почв разделено на 9 градаций за водно-физическими свойствами [5]. Фракция, преобладающая по содержанию, дает название почве – песчаная, глинистая, тяжело-глинистая и так далее. Доктор с-х наук М.И. Полупан названную классификацию считает несовершенной в связи с большим трендом содержания фракций песка, что предопределяет отличие свойств почв легко- и среднесуглинистых

разновидностей до 50%, тяжелосуглинистых около 20%. Он предлагает ее расширить до 15 градаций. Однако двойное и даже тройное название, например песчано-легкосуглинистая почва, не решает проблему. В такой классификации недостаточно учитывается тот факт, что в лёгких разновидностях почв равное удельное содержание физической глины оказывает большее влияние на свойства почвы, чем у тяжёлых. На рисунке 1 изображены полигоны относительного содержания подфракций глины в 15 образцах легкосуглинистых почв, у которых содержание глины составляет от 20,7 до 26,6 %.

Как видно из рисунка, содержание илистой фракции ($<0,001$ мм) варьирует в пределах 6...13%, а во фракции мелкого песка ($<0,005$ мм) варьирование еще больше – 4,5...12%. Различие в содержании фракций должно проявиться и в свойствах всего образца почвы. Таким образом, приходим к выводу, что существующая градация почв по гранулометрическому составу не отвечает в полной мере запросам нынешней практики земледелия.

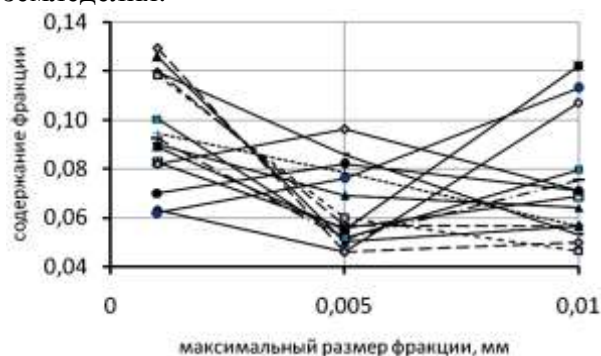


Рис. 1. Полигон частотного распределения гранулометрических элементов глинистой фракции легкосуглинистых почв
Fig. 1. Polygon of the frequency distribution of grain-size composition clay fraction loam soils

Разработка новой классификации почв, отвечающей современному уровню знаний о почвенном покрове и новым представлениям о системно-классификационной их соподчиненности, требует изменений в вопросе их идентификации. Замена широкого спектра размеров гранулометрических элементов их средним значением в вероятностных распределениях неправомерна также из-за неравноценности свойств отдельных фракций. Методика

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВА ПРИЗНАКОВ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ПОЧВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МУЛЬТИФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА

выражения гранулометрического состава почв требует дополнительных исследований.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

С целью приближения к решению указанной проблемы мы сделали попытку применить для описания гранулометрического состава почв методологию фрактальной геометрии, как одного из способов выражения материальной основы почв, позволяющего их эффективно распознавать и выявлять фундаментальные количественные соотношения между ее структурными параметрами и свойствами.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Объектами исследований выбраны почвы с содержанием глины 20...30 %, принадлежащие к группе легкосуглинистых по классификации Н.А. Качинского. На рисунке 2, в логарифмических координатах изображены полигоны относительного весового содержания фракций G_0 5-ти образцов легкосуглинистых почв, имеющих близкие значения содержания глины - 21...26%.



Рис. 2. Полигон частотного распределения гранулометрических элементов легкосуглинистых почв по фракциям
Fig. 2. Polygon of the frequency distribution of grain-size composition soil

Номер графика на рисунке 1 отвечает номеру образца в таблице. Логарифмические координаты выбраны с целью уменьшения габаритов изображения и увеличения его информативности. Визуальный анализ графиков показывает, что, несмотря на

принадлежность к одной группе, эти почвы существенно отличаются содержанием отдельных фракций, что должно сказаться и на их агротехнических свойствах. Форма графиков не оставляет нам надежды для их аппроксимации известными аналитическими или вероятностными функциями.

Наш метод аналитического выражения результатов гранулометрического анализа основан на методологии фрактальной геометрии и заключается в модификации исходных данных к удобному виду для их аппроксимации степенной функцией. Но сначала разъясним понятие «фрактальный» метод. Фрактальным называется множество элементов, которые в некотором отношении подобны целому, а их количество пропорционально размеру в некоторой степени, являющейся константой для данного множества. Такое распределение называется фракталом, а его ее фрактальная размерность D равна [13]:

$$D = \ln N(d) / \ln d. \quad (1)$$

где: N - количество элементов множества; d - характерный размер элемента.

Числовое значение размерности D показывает, как быстро множество элементов заполняет занимаемое им пространство. Чтобы определить числовое значение D нужно сосчитать количество частиц N в каждой размерной фракции почвенной пробы, что сделать достаточно сложно, поэтому количество N заменим относительным весовым содержанием G , а уравнение (1) представим в виде:

$$G = f(d)^D. \quad (2)$$

где: G - относительное содержание фракции; d - максимальный размер частиц отдельной фракции, мм;

Наша задача заключается в том, чтобы зависимость весового содержания фракций от размера частиц выразить степенной функцией (2). Для демонстрации предлагаемого метода, использованы результаты гранулометрического анализа пяти образцов почв, которые представлены на рис. 2. Делаем это так:

1. Максимальный размер d частиц каждой фракции делим на наибольший диаметр d_{max} , который для почв равен 1 мм. Это делается для того, чтобы избавиться от

размерности на оси абсцисс. Полученное отношение $\delta = d/d_{max}$ во фрактальной геометрии называется масштабом измерения.

2. Из относительных весовых частей фракций G составляем кумулятивную сумму G_k , начиная от наибольшего размера к наименьшему.

3. Далее каждое последующее значение кумулятивной суммы G_k делим на соответствующее ей значение масштаба δ . Таким образом, получаем новую функцию G_k/δ .

$$(G_k/\delta) = G_o \cdot (\delta)^D, \quad (3)$$

где: G_o – эмпирический коэффициент.

Обработанные таким способом графики из рисунка 2 заметно выровнялись и стали пригодными для аппроксимации степенной функцией (рис. 3). Точность аппроксимации оценивается коэффициентом детерминации R^2 , значения которого приведены в таблице вместе с коэффициентами G_o и D функции (3), которые имеют определенный физический смысл: G_o выражает относительное содержание фракции наибольшего размера, а D - степень измельчения почвы (дисперсность).

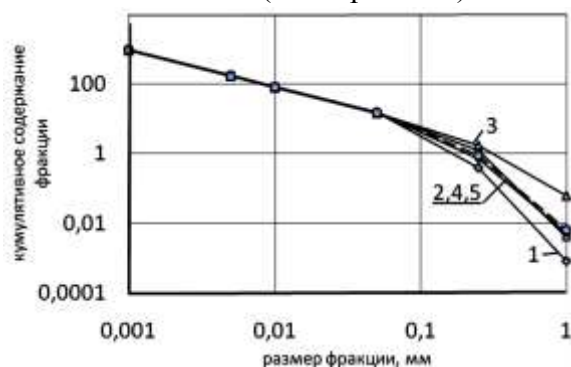


Рис. 3. Фрактальные характеристики распределения гранулометрических элементов почвы

Fig. 3. Fractals descriptions of distribution of grain-size composition of soils

График 1 на рис. 3 заметно отличается от прямой линии, что может создать впечатление о неадекватности описания кумулятивного состава почвы функцией 3. Поскольку коэффициент детерминации для этого образца $R^2 = 0,91$, то описание можно считать достаточно точным.

Таблица. Результаты фрактального оценивания гранулометрического состава почв

Table. Results of fractal evaluation grain-size composition of soils

| № графика | Источник данных | Содержание глины, % | Коэффициенты функции (3) | | |
|-----------|-----------------|---------------------|--------------------------|------|-------|
| | | | G_o | D | R^2 |
| 1 | 6 | 23,24 | 0,007 | 1,90 | 0,91 |
| 2 | 10 | 26,60 | 0,028 | 1,66 | 0,91 |
| 3 | 12 | 22,90 | 0,146 | 1,33 | 0,97 |
| 4 | 25 | 21,89 | 0,026 | 1,66 | 0,93 |
| 5 | 27 | 22,51 | 0,033 | 1,62 | 0,93 |

Естествен вопрос о взаимозависимости содержания глины с полученным коэффициентом дисперсности D . За данными таблицы такая зависимость изображена графически на рисунке 4.

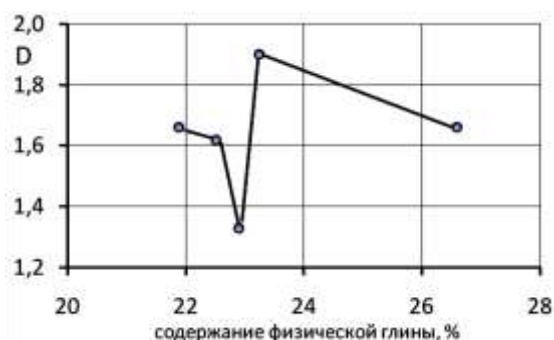


Рис. 4. Зависимость между содержанием в почве глины и показателем дисперсности ее состава.

Fig. 4. Relationship between the content of clay in the soil and its dispersion index composition.

Характер графика свидетельствует, что какой либо зависимости между указанными характеристиками дисперсности почв нет. Особенно большие различия наблюдаются между 1 и 3 образцами, у которых содержание глины примерно равны (23,24 и 22,90 %), а показатель дисперсности различается почти в 1,5 раза. Причину такого различия мы видим в неадекватной оценке дисперсности почв по содержанию глины. Эти различия можно заметить также на рисунке 2, где полигоны частотного распределения гранулометрических элементов образцов различны.

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВА ПРИЗНАКОВ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ПОЧВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МУЛЬТИФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА

ВЫВОДЫ

Гранулометрический состав почв не может быть выражен вероятностными функциями из-за уникальности естественного распределения размеров их элементов и различия агрофизических свойств отдельных фракций.

Предложенный фрактальный показатель D дисперсности позволяет уверенно идентифицировать почвы по гранулометрическому составу, и может быть использован в расчетах их свойств, имеющих корреляционные связи с гранулометрическим составом. Функция (3) может быть использована также для описания агрегатного состава почвы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Bondarev A.G., Medvedev V.V. 1980. Nekotorye puti opredelenia optimalnykh parametrov agrofizicheskikh svojstv pochv // Teoreticheskie osnovy i metody opredelenia optimalnykh parametrov svojstv pochv. Nauchnye trudy pochv. ins-ta im. Dokuchaeva. – M.: –85–90.
2. Dobrovolskii G.V. 2001. Itogi i zadachi pochvovedenija na rubege XX i XXI vekov // Pochvovedenie, –No 2. –133–137.
3. Gedroiz K.K. 1975. Izbrannye sochinenia. M.: Nauka, –256.
4. Sibircev N.M. 1951. Izbrannye sochinenia. Vol.1. –459.
5. Kachinskii N.A. 1963. Struktura pochvy. M.: MGU. –100.
6. Medvedev V.V. 2009. Konceptia i metodika pochvenno–technologicheskogo rajonirovania // Pochvovedenie, –No 8. 899–910.
7. Fridland V.M. 1979. Nekotorye problem klassifikacii pochv // Pochvovedenie, – No 7. 112–113.
8. Berezin P.N., Voronin A.D. 1981. Primenenie verojatnostnykh funkcij dla opisania granulometricheskogo sostava pochv i gruntov // Vestnik MGU. Ser. Pochvovedenie. – No 3. 30–36.

9. Berezin P.N. 1983. Osobennosti raspredelenia granulometricheskikh elementov pochv i pochvoobrazujushchih porod // Pochvovedenie, – No 2. 64–72.

10. Shein E.V. 2009. Granulometricheskij sostav pochv: problem metodov issledovanija, interpretacii rezultatov i klassifikacij // Pochvovedenie, – No 3. 309–317.

11. Boris Pasaman, Viktor Zakharchuk. 2012. The Determination of the Parameters of a Ploughshare –Rotor Potato Digger // ТЕКА. Commission of motorization and energetics in agriculture – 2012, Vol. 12, No. 2, 323–327.

12. Pochvy Belorusskoi SSR. 1974. Pod. red. T.N. Kulakovskoj. Mn. Uradgaj. – 328.

13. Feder E. 1991. Fraktaly. M.: Mir. – 254.

14. Hoh N.J.A. 1967. Uslovja formirovanija i fizicheskie svojstva dernovo–podzolistyh palevyh pochv // Svoistva pochv i ih plodorodie. Vyp. 4. Minsk. 59–69.

15. Globus A.M. 2006. Fraktalnost nekotoryh svojstv parametrov pochv // Pochvovedenie, – No 10. 1235–1247.

16. Atlas pochv USSR. 1979. Pod. red. N.K. Krupskogo, N.I. Polupana. K. Urogaj, – 160.

17. Elena Luzan. 2012: Obosnovanie parametrov zadelyvajushgo rabocheho organa dlja pramogo poseva zernovyh kultur / Elena Luzan, Vasilij Salo, Petr Luzan, Sergej Leshenko // MOTROL. Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa. – LUBLIN – Vol. 14–№1, 168–173.

CREATING A SPACE FOR RECOGNITION OF SOIL ATTRIBUTES USING MULTIFRACTAL ANALYSIS

Summary. We propose a new method of expressing particle size distribution of soil, based on the methodology of fractal geometry. The method allows the identification of two soil quantitative characteristics throughout the size range fractions, and can be used for analysis of any dispersed material.

Key words: grain–size composition, method, classification, soil, fractal.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ ОВОЩЕВОДСТВА

Игорь-Михаил Мидыка

Национальный университет «Львовская политехника», Украина

Ihor-Muhyalo Midyk

Lviv Politehnic University, Ukraine

Аннотация. В работе предложено для оценки уровня качества продукции овощеводства использовать многокритериальную модель оценки ее качества. Построена математическая модель комплексной оценки качества продукции. Сформирована целевая функция как функция зависимости комплексного показателя качества объекта от параметров формирования отдельных качественных характеристик. Введены нечеткие описания характеристик продукции на основе теории нечетких множеств. Используя составленную математическую модель, даны рекомендации по производству безопасной продукции с максимальным комплексным показателем оценки качества.

Ключевые слова: целевая функция, нечеткое множество, квалиметрия, ограничения, подход Беллмана–Заде, линейное программирование.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Со вступлением Украины в ВТО для нее значительно расширяются возможности выхода со своей продукцией на мировые рынки. И именно на продукцию сельского хозяйства есть спрос. Однако для этого необходимо, чтобы она удовлетворяла требования потребителей к ее качеству и безопасности. Важной составляющей сельскохозяйственной продукции являются овощи. Они обеспечивают организм человека клетчаткой, углеводами, витаминами, минеральными веществами. Конечно, потребители заинтересованы в наличии большего количества этих полезных веществ в овощах. Также необходимо обеспечить отсутствие в овощах вредных для здоровья человека веществ. Поэтому актуальной задачей является оценка качества и безопасности овощей, а также предоставление рекомендаций по

производству продукции овощеводства необходимого качества.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Рост количества публикаций по вопросам качества продукции свидетельствует об актуальности и важности обозначенной проблемы. Стоит сказать, что анализируются и общие теоретические аспекты оценки качества продукции [3, 5], и исследуются качественные характеристики конкретных видов продукции. В частности, в работе [4] предложены направления совершенствования инфраструктуры качества предприятия путем дополнения ее системой оценивания качества, создания профессиональных систем оценки качества, указано на необходимость разработки единых правил применения математического и технического обеспечения оценки качества. По мнению автора, национальная система оценки качества должна базироваться на профессиональном подходе.

В работе [8] предложен метод определения нужного уровня технических, технологических и организационных воздействий на факторы, которые формируют единичные показатели качества, для достижения максимального значения комплексного показателя качества объектов оценки. Авторы предложили математическую модель оценки качества. В этой модели единичные показатели качества представлены функциями, которые зависят от технических, технологических и / или организационных воздействий на процесс формирования качественных характеристик продукции. Эти зависимости авторы рекомендуют представлять рядами, используя аналитическую аппроксимацию данных опытов по влиянию технических, технологических и/или организационных

параметров на отдельную качественную характеристику. Комплексный показатель качества рекомендовано представить функционалом, который определяется как средневзвешенное значение функций единичных показателей качества и представляет собой полином z -той степени. Авторами также учтены коэффициенты значимости единичных показателей качества. В частности рассмотрен среднеарифметический взвешенный показатель качества представленный полиномом степени 2. Для иллюстрации показано формирование комплексного показателя качества стальной проволоки после волочения двумя единичными показателями качества. Решение поставленной задачи позволило авторам выявить формальное наличие максимального значения комплексного показателя качества. Однако он лежит в диапазоне его нереальных величин, то есть оптимальные значения входных данных, которые обеспечивают максимальное значение комплексного показателя качества в реальном диапазоне не найдено. Как позитив этот труд необходимо отметить в аспекте попытки создания математической модели процесса комплексной оценки качества. Однако эта модель не учитывает ограничений возможного изменения значений входных параметров. В этом аспекте более удобным является идея математического моделирования комплексного показателя качества изложенная в работе [11]. Данная статья касается непосредственно оценки качества пищевой продукции. Авторы предложили многокритериальную модель оценивания качества свести к задаче оптимизации с целевой функцией, которая представляет собой комплексный показатель качества продукции, и нечетко описанными нужными характеристиками продукции. В результате сформирована нечеткая задача оптимизации (задача с нечетко определенными ограничениями), которая приведена к задаче классического линейного программирования, используя подход Беллмана-Заде. Это направление исследований является перспективным, его нужно развивать в аспекте обратной связи,

то есть на основании многокритериальной модели качества продукции необходимо разработать рекомендации по обеспечению прогрессивных норм ее качества.

Ряд работ посвящен исследованию отдельных характеристик качества. В частности, вопросы качества воды рассмотрены в работах [15, 16]. В работе [12] исследовано влияние систем удобрения на качество овощной продукции с точки зрения содержания в ней нитратов, то есть анализируется безопасность овощной продукции только по одному показателю. Однако не проанализировано качество продукции овощеводства по содержанию в овощах витаминов, белков, углеводов, клетчатки, органических кислот, минеральных веществ. Очевидно, чтобы по достоинству оценить уровень качества овощей, целесообразно проанализировать их качественные характеристики в комплексе.

Целью исследования [6] является создание общей системы получения волокон льна с прогнозируемыми свойствами. Авторы разработали алгоритм прогнозирования свойств льняных волокон различного функционального назначения. Одной из составных частей этого алгоритма является разработка математической модели прогнозирования свойств продукции и процесса управления ее качеством в технологическом процессе. С помощью математической модели оптимизируются свойства полученной продукции. Однако вообще не раскрыто математический аппарат этой модели.

В работе [7] рассмотрены основные положения европейского законодательства по безопасности пищевых продуктов, подчеркнуто, что в странах ЕС обязателен официальный контроль всех частей цепи производства пищевой продукции.

В работе [10] приведены различия требований основных законов Украины относительно пищевой и сельскохозяйственной продукции и соответствующих регламентов Европейского Союза.

Как видим, исследование качества продукции на сегодня является актуальной проблемой и исследования в этой области ведутся интенсивно. Они касаются и комплексной оценки качества и оценки

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ ОВОЩЕВОДСТВА

отдельных качественных характеристик продукции, и гармонизации украинских нормативных документов относительно качества и безопасности продукции с соответствующими нормативными документами Европейского Союза.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Целью данного исследования является разработка и апробация математической модели комплексного оценивания уровня качества продукции овощеводства для определения значений параметров производства этой продукции с максимально возможным значением комплексного показателя качества объекта. Для достижения намеченной цели необходимо, по мнению автора, решить следующие задачи:

- построить математическую модель комплексной оценки качества продукции. Для этого сформировать целевую функцию как функцию зависимости комплексного показателя качества объекта от параметров формирования отдельных качественных характеристик. Ввести нечеткие описания характеристик продукции на основании теории нечетких множеств;

- используя составленную математическую модель, дать рекомендации по производству безопасной продукции с максимальным комплексным показателем оценки качества.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Качество продукции овощей характеризуется такими показателями как содержание питательных веществ на 100 г сырой массы (в т.ч. белков, жиров, углеводов, клетчатки, органических кислот), содержание минеральных веществ на 100 г сырой массы (в т.ч. Mg, K, P, Fe и др.), содержание витаминов на 100 г сырой массы (в т.ч. С, А, В1, В2, никотиновая кислота) и содержание вредных соединений (нитраты, токсичные элементы).

На качество овощной продукции влияют следующие факторы: сорт растений, природно-климатические условия, макро-и

микроэлементы, которые вносят в почву через органические, неорганические удобрения, жидкие комплексные удобрения (внекорневая подкормка), стимуляторы роста.

Как уже было отмечено, целью квалитетических исследований вообще, и данного исследования в частности, является не только оценка существующего уровня качества продукции, но и предоставление рекомендаций по обеспечению прогрессивных норм качества для удовлетворения потребностей населения и требований перерабатывающей промышленности к сырью. Поэтому определим факторы, на которые можно воздействовать для повышения качества продукции овощеводства. Далее опишем эти факторы и составим математическую модель оценки качества продукции овощеводства, которая бы устанавливала взаимосвязь между качеством продукции и веществами, которые формируют это качество. Рассмотрим оценивание продукции одного сорта в неопределенных природно-климатических условиях. Управляемыми факторами будут объемы макро- и микроэлементов, которые нужно внести в почву для получения безопасной и качественной продукции овощеводства. Безопасной является продукция, которая удовлетворяет требования стандартов по ее безопасности, то есть нет содержания вредных веществ выше предельно допустимых норм. Относительно качества овощей, то чем больше содержание питательных веществ, тем выше уровень качества продукции. Следовательно, нужно определить такой набор макро- и микроэлементов, который обеспечил бы выращивание овощей наивысшего качества. То есть нужно выбрать такую стратегию из множества допустимых значений, чтобы функция оценки качества продукции достигала максимального значения. Одновременно качественной является не только та продукция, которая удовлетворяет определенным конкретным значением характеристик, но и продукция, качественные характеристики которой находятся в определенных пределах

значений. Тот факт, что качественные характеристики не привязаны к определенному значению, а могут варьировать в определенных пределах, позволяет расширить множество допустимых значений для достижения максимальной величины комплексной оценки качества.

Учитывая вышеуказанное, для оценки качества продукции овощеводства сформулируем математическую модель оценки качества продукции как нечеткую линейную модель

$$Z(x) = c \cdot x \rightarrow \max . \quad (1)$$

при условиях

$$\begin{aligned} g_i(x) &\equiv a_i \cdot x \gtrsim b_i, b_i + d_i \quad i = \overline{1, m_1}, \\ g_i(x) &\equiv a_i \cdot x \leq b_i, \quad i = \overline{m_1 + 1, m}, \\ x &\geq 0 \end{aligned}$$

с действительными векторами $x = (x_1; \dots; x_n)$; $C=(c_1; \dots; c_n)$; $a_i = (a_{i1}; \dots; a_{in})$, $i = \overline{1, m}$

и действительными числами $b_i \quad i = \overline{1, m}$, $d_i > 0 \quad i = \overline{1, m_1}$.

Обозначим множество альтернатив, которые удовлетворяют ограничения по «твердо» закрепленными границами ограничений

$$X = \{x \in R_+^n | g_i(x) = a_i \cdot x \leq b_i \quad \forall i = \overline{1, m_1 + 1, m}\},$$

где: R_+^n – n - мерное пространство действительных неотрицательных значений.

Качество продукции овощеводство оценим по содержанию в овощах углеводов, клетчатки, белков. Их содержание можно регулировать количеством внесенных минеральных удобрений. Поэтому представим функцию оценивания качества продукции овощеводства (на примере оценивания качества моркови) как линейную функцию зависимости оценки качества от внесенных минеральных удобрений.

$$Z(x) = w_j \cdot c \cdot x \rightarrow \max . \quad (2)$$

где: x – количество минеральных удобрений, которое необходимо внести, чтобы обеспечить максимальное значение функции качества;

w_j – коэффициент весомости содержания углеводов, клетчатки, белков.

На основании данных исследований по влиянию количества внесенных минеральных удобрений на содержание углеводов, клетчатки, белков составим

структурную матрицу для характеристики линейной оптимизационной задачи оценки качества моркови.

$$A = \begin{pmatrix} 1,599 & -1,35 & -0,355 \\ 0,227 & -0,185 & -0,056 \\ 0,246 & -0,211 & -0,05 \end{pmatrix}. \quad (3)$$

Тогда целевая функция будет иметь вид

$$Z(x) = 0,7777x_1 - 0,6536x_2 - 0,175x_3 \rightarrow \max. \quad (4)$$

при ограничениях

$$\begin{aligned} g_1(x) &= -1,599 \cdot x_1 + 1,35 \cdot x_2 + 0,355 \cdot x_3 \leq -7; -7 + 0,2, \\ g_2(x) &= -0,227 \cdot x_1 + 0,185 \cdot x_2 + 0,056 \cdot x_3 \leq -1,1; -1,1 + 0,1, \\ g_3(x) &= -0,246 \cdot x_1 + 0,211 \cdot x_2 + 0,05 \cdot x_3 \leq -1,2; -1,2 + 0,1, \\ g_4(x) &= x_1 \leq 200, \\ g_5(x) &= x_2 \leq 180, \\ g_6(x) &= x_3 \geq 133, \\ g_7(x) &= x_3 \leq 210, \\ x &\geq 0. \end{aligned}$$

Решение этой задачи, согласно идее Беллмана-Заде, - это пересечение целей и ограничений [13]. Далее построим оптимизационную модель

$$\lambda \rightarrow \max, \quad (5)$$

$$\lambda \leq \mu_z(x),$$

$$\lambda \leq \mu_i(x) \quad \forall i = \overline{1, m_1},$$

$$0 \leq \lambda \leq 1; x \in U.$$

$\mu_z(x)$ $\mu_i(x)$ – функции принадлежности целей и ограничений

$$\lambda = \min(\mu_z(x), \mu_1(x), \dots, \mu_{m_1}(x)). \quad (6)$$

Если предположить, что все функции принадлежности линейные

$$\mu_z(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } z(x) \leq w_0 - d_0 \\ 1 - \frac{z(x) - (w_0 - d_0)}{d_0} & \text{при } w_0 - d_0 < z(x) \leq w_0. (7) \\ 1 & \text{при } w_0 \leq z \end{cases}$$

Тогда нечеткая задача оптимизации будет сведена к детерминированному виду

$$\lambda \rightarrow \max, \quad (8)$$

$$d_0 \lambda - c \cdot x \leq -(w_0 - d_0),$$

$$\lambda d_i + a_i \cdot x \leq b_i + d_i \quad \forall i = \overline{1, m_1},$$

$$a_i \cdot x \leq b_i \quad \forall i = \overline{m_1 + 1, m},$$

$$x \geq 0; \lambda \geq 0.$$

$$\underline{w} = \max z(x),$$

$$a_i \cdot x \leq b_i \quad \forall i = \overline{1, m},$$

$$x \geq 0;$$

$$\bar{w} = \max z(x),$$

$$a_i \cdot x \leq b_i + d_i \quad \forall i = \overline{1, m_1},$$

$$a_i \cdot x \leq b_i \quad \forall i = \overline{m_1 + 1, m},$$

$$x \geq 0.$$

Для дефазификации поставленной задачи необходимо развязать такие задачи:

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ ОВОЩЕВОДСТВА

$$\underline{w} = 0,7777x_1 - 0,6536x_2 - 0,175x_3 \rightarrow \max. \quad (9)$$

при условиях

$$\begin{aligned} -1,599 \cdot x_1 + 1,35 \cdot x_2 + 0,355 \cdot x_3 &\leq -7, \\ -0,227 \cdot x_1 + 0,185 \cdot x_2 + 0,056 \cdot x_3 &\leq -1,1, \\ -0,246 \cdot x_1 + 0,211 \cdot x_2 + 0,05 \cdot x_3 &\leq -1,2, \\ 0 \leq x_1 &\leq 200, \\ 0 \leq x_2 &\leq 180, \\ 133 \leq x_3 &\leq 210, \end{aligned} \quad (10)$$

$$\bar{w} = 0,7777x_1 - 0,6536x_2 - 0,175x_3 \rightarrow \max, \quad (11)$$

при условиях

$$\begin{aligned} -1,599 \cdot x_1 + 1,35 \cdot x_2 + 0,355 \cdot x_3 &\leq -6,8, \\ -0,227 \cdot x_1 + 0,185 \cdot x_2 + 0,056 \cdot x_3 &\leq -1,0, \\ -0,246 \cdot x_1 + 0,211 \cdot x_2 + 0,05 \cdot x_3 &\leq -1,1, \\ 0 \leq x_1 &\leq 200, \\ 0 \leq x_2 &\leq 180, \\ 133 \leq x_3 &\leq 210. \end{aligned} \quad (12)$$

$x \geq 0$;

Запишем функции принадлежности

$$\mu_z(x) = \begin{cases} 0 & w = z(x) < \underline{w}, \\ \frac{z(x) - \underline{w}}{\bar{w} - \underline{w}} & \underline{w} \leq w = z(x) < \bar{w}, \\ 1 & w = z(x) \geq \bar{w}. \end{cases}$$

Решив задачу линейного программирования при указанных условиях, получим следующее решение $x_1=200$, $x_2=0$, $x_3=133$. $Z=132,125$. По данным этого решения видим, что для выращивания качественной и безопасной продукции моркови надо применить удобрения $N_{180} K_{120}$ плюс осуществлять внекорневые подкормки. Оценка качества моркови в этом случае 132,125.

ВЫВОДЫ

1. Проблему комплексной оценки уровня качества продукции овощеводства решено путем построения математической многокритериальной модели оценки качества. Сформировано целевую функцию как функцию зависимости комплексного показателя качества объекта от параметров формирования отдельных качественных характеристик продукции. Дано описание характеристик продукции с применением отдельных положений теории нечетких множеств. Задача оптимизации с нечетко определенными ограничениями сведена к задаче классического линейного программирования, используя подход Беллмана-Заде.

2. Проведена апробация построенной математической модели на основании анализа влияния на комплексный показатель оценки качества моркови внесенных минеральных удобрений при ее выращивании.

3. Используя составленную математическую модель, даны рекомендации по производству безопасной продукции с максимальным комплексным показателем оценки качества.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Systema upravlinnya yakisty. Osnovni pologennya ta slovnyk terminiv: DSTU ISO 9000:2007 / [Chynnyi vid 2008–01–01]. – К.: Dergstandart Ukrainy, 2008. – 35. – (Dergavnyi standart Ukrainy).
2. Yakist produktsii. Otsinyvannya yakosti. Terminy ta vyznachennya: DSTU 2925-94. – [Chynnyi vid 1996-01-01]. – К.: Dergstandart Ukrainy, 1995. – 27. – (Dergavnyi standart Ukrainy).
3. Bubela T.Z. Metody ta zasoby vyznachennia pokaznykiv yakosti produktzii: navch.posibnyk /T.Z.Bubela, P.H.Stolyarchuk, E.V.Pohodylo, M.S.Mihaleva, V.M.Vanko. – Lviv: Vyd-vo Lviv Politechnic, 2012. – 292.
4. Bubela T.Z. Pobudova natsionalnoi systemy otsinuvannia yakosti / T.Z. Bubela // Harkiv, Standartyzatsia, sertyfikatsia, yakist. Naukovo-technichniy jurnal.– 2013. – №1(80). – 49 – 53.
5. Voronkov O.G. Uroven kachestva produktyi kak obyekt optymizatsii: Prepr./ AN USSR, In–t kibernetiky im. V.M. Glushkova. – К., 1988. – 14.
6. Holovenko T. Olynyi lyon: stvorennia systemy prohnozuvannia vlastyvostey volokon / T. Holovenko, H. Tihosova, L. Chursina // Harkiv, Standartyzatsia, sertyfikatsia, yakist. Naukovo-technichniy jurnal.– 2012. – №2 (75). –55-59.
7. Hryshchenko F. Evropeyska systema harchovyh produktiv. Istoria stvorennia / F. Hryshchenko // Harkiv, Standartyzatsia, sertyfikatsia, yakist. Naukovo-technichniy jurnal.– 2013. – №1 (80). – 40–43.
8. Doljanskyi A. Metod maksymizatsii kompleksnoho pokaznyka yakosti obyektu

- shliahom optymizatsii keruyuchykh diy / A. Doljanskyi, O. Bondarenko // Harkiv, Standartyzatsia, sertyfikatsia, yakist. Naukovo-technichniy jurnal.– 2012. – №4(79). – 50–56.
9. Kuts V.R. Kvalimetriya:/ V.R. Kuts, P.G. Stolyarchuk, B.M. Druzuk. Navch. posibnyk. – Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoi politehniky, 2012. – 256.
10. Kisel S. Porivniannia natsionalnoi zakonodavchoi basy Ukrainy ta Evropeyskoho Soyuzu shchodo bezpechnostu harchovoi produktsii / S. Kisel // Harkiv, Standartyzatsia, sertyfikatsia, yakist. Naukovo-technichniy jurnal.– 2012. – №4(79). – 57–60.
11. Lysa O. Teoretyko-metodolohicheskie podhody k opredeleniu ocenki kachestva selskohoziaystviennoi produktsii /O. Lysa, B. Stadnyk/ MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – 2013. Vol. 15. No.4. 120–125.
12. Myhalska O.M. Vplyv system udobrennya na vmist nitrativ v ovochevykh kulturah [Elektronny resurs] / O.M. Myhalska, O.S. Gavrylenko. – Naukovi dopovidi NUBiP – 2011 – 7(29). – regym dostupu: [http://www.nbu.gov.ua/e-journals / Nd/2011-7/ 11mom. pdf](http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2011-7/11mom.pdf).
13. Syavavko M.S. Matematychno modeluvannia za umov nevyznachenosti: navch. posibnyk / M.S. Syavavko, O.M.Rybytska. – Lviv: NVF «Ukrainski tehnolohii», 2000. – 317.
14. Syavavko M.S. Osnovy ekonomichnoi inphormatyky./ M.S. Syavavko, T.V. Pasichnyk Navchalnyi posibnyk. – Lviv: «Magnolia Plys», 2006 r. – 236.
15. Wojtyнка A. Periphyton community composition and water quality in rusalka lake inflows and outflow / A. Wojtyнка, R. Dondajewska, R. Gołdyn // Teka Kom. Ochr. Kszt. Środ. Przyr. – OL PAN – Lublin, 2008. – Tom 5 A. 2008, – 164–169.
16. Mazur A. Influence of the pre-dam reservoir on the quality of surface waters supplying reservoir „nielisz” / A. Mazur // Teka Kom. Ochr. Kszt. Środ. Przyr. – OL PAN–Lublin, 2010, Tom 7, 243–250.

METHODOLOGICAL PRINCIPLES OF THE MATHEMATICAL MODELING FOR EVALUATING THE QUALITY OF VEGETABLE PRODUCTION

Summary. The work proposed to use a multicriteria evaluation model for the evaluation of the quality level of vegetable production. A mathematical model of comprehensive evaluation of product quality is built. Is formed an objective function as a function depending on a complex index of object quality from the settings of the formation an individual quality characteristics. Was put fuzzy characteristics of the products based on the theory of fuzzy sets. Using the established mathematical model, it is given the recommendations on the production of safe products with the highest quality comprehensive evaluation index.

Key words: objective function, fuzzy set, qualimetry, restrictions, Bellman–Zadeh approach, linear programming.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЛНЕЧНЫХ ТЕПЛОВЫХ КОЛЛЕКТОРОВ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЕВЫХ ТЕПЛОВЫХ ТРУБ ПРИ РЕНОВАЦИИ СТАРЫХ ЗДАНИЙ

Сергей Хайрнасоев¹, Владимир Волощук², Андрей Заковоротний¹, Дмитрий Козак¹

¹Национальный технический университет Украины “Киевский политехнический институт”, Украина

² Национальный университет водного хозяйства и природных ресурсов, Украина

Sergii Khairnasov¹, Volodymyr Voloshchuk², Andrii Zakovorotnyi¹, Dmytro Kozak¹

¹National Technical University of Ukraine “Kiev Politechnical Institute”, Ukraine

² National University of Water Management and Nature Resources Use, Ukraine

Аннотация. Рассматривается новый поход создания конструкций при реновации старых зданий, основанный на применении солнечных тепловых коллекторов на основе алюминиевых профильных тепловых труб. В этом случае алюминиевые тепловые трубы могут выполнять комплексную роль – одновременно являться абсорбирующей поверхностью солнечной энергии и сверхтеплопроводным устройством для эффективной передачи этой энергии потребителю. Возможность использования таких коллекторов подтверждена экспериментальными данными, которые показали, что эффективность плоского теплового солнечного коллектора составляет 0,4 – 0,65 при параметре $X = 0,02 – 0,06$. Солнечные системы на основе алюминиевых тепловых труб как элемент фасада зданий перспективно использовать при реновации старых зданий с получением дополнительной тепловой энергии для ГВС. Для эффективной работы таких коллекторов в их конструкции необходимо предусматривать слой утеплителя, который будет одновременно повышать теплоизоляционные свойства внешнего ограждения здания. Экономический расчет показывает, что в условиях Киевского региона, в случае использования утепления в комбинации с плоским тепловым СК на основе алюминиевых тепловых труб, срок окупаемости становится меньше на 4 и более лет в сравнении с обычным утеплением фасада здания.

Ключевые слова: тепловые трубы; тепловой солнечный коллектор; абсорбирующая поверхность; эффективность; фасады зданий; реновация зданий.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Сегодня энергопотребление жилых и промышленных зданий в большинстве европейских стран оценивается на уровне 35...40 % от общих энергетических затрат. Аналогичная ситуация складывается и в Восточной Европе, включая Украину и Россию. Например, в Украине суммарное потребление энергии, идущее на обеспечение зданий, составляет около 40% от потребления всей энергии. И при этом до 75% тепловой энергии потребляется в жилом секторе. Ситуация усугубляется еще тем, что в Восточной Европе большинство жилого сектора представлено старыми зданиями с низкой энергоэффективностью, построенными до 1980 года.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В целях обеспечения повышения энергоэффективности зданий, применение новых элементов фасадов, изоляционных материалов и окон, являются сегодня широко распространенными решением. Пример таких комплексных решений описывают Wim Depraetere [1], K. Voss и E. Musall [2]. Однако, результаты расчетов показывают, что во многих случаях период окупаемости может быть достаточно продолжительным. В этом случае при проектировании новых зданий и реновации старых [3] следует оценивать все возможные возобновляемые и нетрадиционные источники тепловой и электрической энергии. И именно в этом направлении дополнительное использование солнечной

энергии может быть полезным и все стороны представлено в книге U. Eicker [4].

Сегодня солнечные энергетические системы как элемент строительных конструкций, включая исторические, имеют хорошие перспективы. Но разнообразные плоские тепловые солнечные коллекторы (СК), анализ которых приведен автором S.B. Riffat и др. [5], имеют некоторые недостатки при применении в строительных конструкциях. В первую очередь, связанную с их стандартными габаритами. Существуют различные подходы решить такие задачи различными модифицированными СК, например, для балконов и окон [6] и целых стен зданий [7]. Однако, каждая такая конструкция является уникальной.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

По мнению авторов во многом решить существующие проблемы возможно за счет применения тепловых труб (ТТ) [8] как элементов абсорберов солнечных энергетических систем. Применение тепловых труб в качестве абсорберов солнечных коллекторов не ново. Такой подход показан Л. Л. Васильевым [9] еще в конце 80-х. Но построением солнечных энергетических систем на их основе как элементов зданий является новым направлением. Например, возможность использование вакуумированных СК в качестве стационарных оконных жалюзей, рассмотрено R. Alexander [10]. Система решает двойную задачу, непосредственно затенение комнаты и дополнительно генерацию тепловой энергии для ГВС. Но проблема уникальности и в этом случае остается и во многом определяет высокую стоимость системы.

Значительно упростить конструкцию таких систем возможно использованием алюминиевых тепловых труб (АТТ). Такое направление ведется научной группой Рассемакина Б.М. [11] на протяжении последних шести лет. В этом случае АТТ могут быть использованы как элементы СК [12] так и элементами зданий. В данной статье авторами приводится экономический анализ возможности применения таких

конструкций в строительстве при реновации старых зданий.

МАКЕТ ФАСАДНОЙ КОНСТРУКЦИИ СОЛНЕЧНОГО ТЕПЛООВОГО КОЛЛЕКТОРА

В НТУУ «КПИ» был разработаны и исследованы макеты фасадных конструкций плоских тепловых солнечных коллекторов [13] на основе алюминиевых профильных тепловых труб. Экспериментальные данные, показали, что эффективность плоского теплового солнечного коллектора составляет 0,4 – 0,65 при параметре $X = 0,02 - 0,06$. Авторами было предложено использовать данную конструкцию для реновации (утепления) старых зданий. В этом случае, фасад здания будет иметь следующий вид (рис. 1).

Конструкции солнечного теплового коллектора представляет собой дополнительную изоляцию фасада при реновации старого здания. Конструкция состоит из АТТ (1), которые изготовлены из алюминиевого сплава 6060. АТТ выполняют одновременно роль теплопоглощающей поверхности солнечной энергии и в то же время эффективного теплопередающего устройства этой энергии. АТТ имеют специальное черное покрытие, выполненное методом анодирования. Этот технологический процесс сегодня часто применяется для получения защитного покрытия алюминиевых конструктивных элементов зданий. Такое черное покрытие имеет коэффициент поглощения $A_S = 0,94$ и степень черноты $\varepsilon = 0,95$. Солнечное тепло абсорбируется на плавниках АТТ и далее за счет тепловых процессов в ТТ транспортируется в зону конденсации, где расположен теплообменник внешнего контура гелиосистемы (2). Такой подход обеспечивает низкое гидравлическое сопротивление жидкостного контура солнечного теплового коллектора, которое составляет не более 250 Па. Дополнительно в таком фасаде используется стекло (3) и теплоизоляция (4).

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЛНЕЧНЫХ ТЕПЛОВЫХ КОЛЛЕКТОРОВ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЕВЫХ ТЕПЛОВЫХ ТРУБ ПРИ РЕНОВАЦИИ СТАРЫХ ЗДАНИЙ

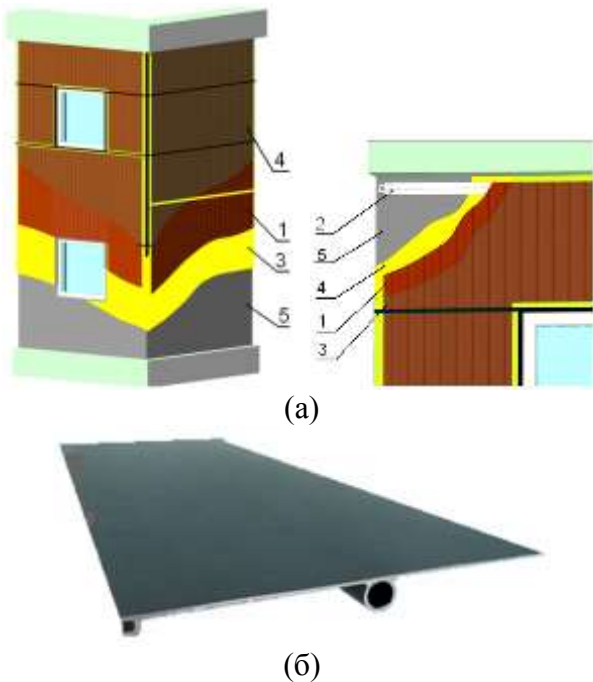


Рис. 1. Фасад здания на основе АТТ при его реновации: а – конструкция; б – профиль АТТ; 1 – АТТ; 2 – теплообменник; 3 – стекло; 4 – изоляция; 5 – стена здания.
 Fig.1. Building façade based on aluminium heat pipes at renovation: a – design; b – profile of aluminium heat pipe; 1 – aluminium heat pipes; 2 – heat exchanger; 3 – glass; 4 – thermal insulation; 5 – building’s wall.

В этом случае каждая АТТ представляет собой отдельный модуль. Возможно использовать АТТ различной длины от 0,5 м до 6 м. Таким образом, на основе АТТ могут быть использованы модульные солнечные тепловые коллекторы различных форм для различных типов фасадов.

РАСЧЕТА ГОДОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОВОГО СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА

Коэффициент полезного действия солнечного коллектора в соответствии общепринятым стандартам [14] определяется следующим выражением:

$$\eta = C_0 - C_1 \cdot \chi - C_2 \cdot \chi^2, \quad (1)$$

где: $\chi = \frac{t_{surf} - t_{amb.}}{E}$, t_{surf} – температура тепловоспринимающей поверхности коллектора, $t_{amb.}$ – температура окружающей среды, E – падающий тепловой поток на тепловоспринимающую поверхность

коллектора, C_0, C_1, C_2 – константы, определенный для конкретного образца коллектора.

В данной работе анализ проводится для теплового коллектора на основе АТТ, имеющего соответственно следующую зависимость эффективности, полученную авторами экспериментально:

$$\eta^1 = 0,69 - 2,4 \cdot \chi - 39,8 \cdot \chi^2. \quad (2)$$

Однако, поскольку температура тепловоспринимающей поверхности коллектора и падающий тепловой поток в течении дня изменяются, то расчет непосредственно по формуле (2) провести не представляется возможным.

Для определения действительной эффективности солнечного коллектора в течении дня, разобьем время действия солнечного потока на $m = 900$ достаточно малых промежутков времени $\Delta\tau_i = 40$ с ($i = \overline{1, m}$), при этом примем, что солнечный тепловой поток E на данных промежутках времени не изменяется.

За i -тый промежуток времени $\Delta\tau_i$ количество теплоты, которое передается проточной воде в коллекторе составляет:

$$Q_i = E_i \cdot \eta_i \cdot F = c \cdot G \cdot (t' - t'') \cdot \Delta\tau, \quad (3)$$

где: t' – температура проточной воды на входе в коллектор, t'' – температура воды на выходе из коллектора, G – расход воды через коллектор, c – массовая теплоемкость воды, F – площадь тепловоспринимающей поверхности коллектора. В данном расчете для упрощения температура t' принята постоянной. Такой случай может иметь место в энергоемких системах отопления, например, в случае подогрева бассейна воды. С другой стороны, данное количество теплоты можно определить как:

$$Q_i = \frac{\pi \cdot L}{\frac{1}{\alpha_{int} \cdot d_{int}} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_{AL}} \cdot \ln\left(\frac{d_{ext}}{d_{int}}\right) + R_{HT}} \cdot \left(t_{surf} - \frac{t' + t''}{2}\right) \cdot \Delta\tau \quad (4)$$

где: d_{int} – внутренний диаметр трубы, м; d_{ext} – наружный диаметр трубы, м; λ_{AL} – коэффициент теплопроводности алюминия, Вт/(м·К); L – длина трубы-теплообменника, м; R_{HT} – сопротивление тепловой трубы,

К/Вт; α_{int} – коэффициент теплоотдачи от внутренней стенки трубы потоку воды, определяется по формуле [15]:

$$\alpha_{int} = \frac{\lambda_w}{d_{int}} \cdot 0,021 \cdot \left(\frac{W \cdot d_{int}}{\nu} \right)^{0,8} \cdot Pr^{0,43}, \quad (5)$$

где: λ_w – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К), W – средняя скорость проточной воды в канале, м/с, ν – кинематическая вязкость воды, м²/с, Pr – число Прандтля воды.

Система уравнений (2) – (5), основные характеристики коллектора, а также учет теплофизических свойств алюминия и воды дают возможность на выбранном i -том промежутке времени определить все неизвестные величины: $t_{i,surf}$, χ_i , η_i .

Общее количество теплоты, отданное коллектором проточной воде за один день, определяется по формуле:

$$\bar{Q} = \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^m E_i \cdot \eta_i. \quad (6)$$

Результаты расчета годовой эффективности теплового солнечного коллектора на основе АТТ представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты расчета эффективности теплового солнечного коллектора на основе АТТ (при угле 90° и расположении на южном фасаде здания)

| Город | $E \cdot \eta_{тепл}$, кВт·ч/м ² | D, количество Градусо–суток |
|---------|----------------------------------------------|-----------------------------|
| Киев | 344,6 | 3500 |
| Одесса | 382,8 | 2500 |
| Ужгород | 382,2 | 2600 |
| Таллинн | 374,1 | 4300 |
| Львов | 336,9 | 3100 |
| Варшава | 354,8 | 3800 |

МЕТОД И РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ

Для сравнения эффективности и срока окупаемости утепления здания рассматривается два варианта. В первом варианте предлагается увеличить сопротивление теплопередачи ограждающей конструкции здания за счет традиционной технологии нанесения дополнительного слоя

тепловой изоляции. Во втором варианте предусматривается установка тепловых солнечных коллекторов на основе АТТ на фасад здания, что кроме абсорбирования солнечной энергии, попадающей на вертикальные ограждения, повысит суммарное сопротивление теплопередачи этих ограждений.

В первом случае срок окупаемости инвестиций можно определить как [16]

$$T_1 = K_1 / \Delta_1, \quad (7)$$

где: K_1 – инвестиции в утепление ограждающей конструкции здания, евро; Δ_1 – годовой доход за счет сэкономленной тепловой энергии после утепления, евро/год.

Во втором случае окупаемости инвестиций можно определить как

$$T_2 = (K_1 + K_2) / (\Delta_1 + \Delta_2), \quad (8)$$

где: K_1 , Δ_1 те же величины, что и в формуле (1); K_2 – дополнительные инвестиции в конструкцию и монтаж плоского солнечного коллектора без учета слоя тепловой изоляции, евро; Δ_2 – дополнительный годовой доход за счет использования солнечной энергии, евро/год.

Если проанализировать формулы (7) и (8), то можно понять, что срок окупаемости во втором рассматриваемом варианте может быть и больше и меньше срока окупаемости инвестиций в первом варианте. Это зависит от значений K_2 и Δ_2 .

Инвестиции K_1 в утепление 1 м² ограждающей конструкции здания предлагается определять как

$$K_1 = C + c_{\delta} \cdot \lambda_{\delta} \cdot (R - R_0) = C + c_{\delta} \cdot \lambda_{\delta} \cdot \Delta R, \quad (9)$$

где: C – постоянная составляющая данных инвестиций, определяющая расходы на монтажные материалы и работы при утеплении, евро/м²; c_{δ} – стоимость 1 м³ теплоизоляционного материала, евро/м³; λ_{δ} – коэффициент теплопроводности теплоизоляционного материала, Вт/(м·К); R_0 – исходное сопротивление теплопередачи ограждающей конструкции здания, м²·К/Вт; R – результирующее значение сопротивления теплопередачи ограждающей конструкции здания после покрытия фасада дополнительным слоем тепловой изоляции, м²·К/Вт; ΔR – изменение сопротивления

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЛНЕЧНЫХ ТЕПЛОВЫХ КОЛЛЕКТОРОВ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЕВЫХ ТЕПЛОВЫХ ТРУБ ПРИ РЕНОВАЦИИ СТАРЫХ ЗДАНИЙ

теплопередачи ограждающей конструкции здания после покрытия фасада дополнительным слоем тепловой изоляции, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, что одновременно является и термическим сопротивлением этого слоя изоляции.

На рис. 2, для условий Украины, представлены данные показателя K_I в зависимости от значения дополнительного термического сопротивления ΔR , который создает слой утеплителя. Также на рис. 2, для удобства, сделан пересчет показателя ΔR на толщину слоя утеплителя при его коэффициенте теплопроводности $\lambda_T = 0,05 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$. График построен по данным, взятых из сайта ассоциации энергетических аудиторов [17].

Что касается дополнительных инвестиций K_2 в конструкцию и монтаж плоского солнечного коллектора без учета слоя тепловой изоляции, то, согласно данных разработчиков, этот показатель для 1 м^2 плоского коллектора составляет приблизительно 50 евро.

Годовой доход за счет сэкономленной тепловой энергии от невозобновляемых источников при покрытии 1 м^2 фасада здания предложенным солнечным коллектором можно определить по формуле

$$\Delta = \Delta_1 + \Delta_2 = c_3 \cdot \Delta Q_{\text{год}} = c_3 \cdot \left[D \cdot \left(\frac{1}{R_0} - \frac{1}{R} \right) + \eta \cdot Q_c \right] = c_3 \cdot \left[D \cdot \frac{\Delta R}{(\Delta R + R_0)} + Q_{\text{SUN}}^{\text{COL}} \right], \quad (10)$$

где: c_3 – стоимость тепловой энергии от невозобновляемых источников энергии, евро/(кВт·час); $\Delta Q_{\text{год}}$ – годовое сокращение потребления тепловой энергии от невозобновляемых источников, кВт·час; D – количество градусо-суток в регионе размещения объекта, град·сутки (см. табл. 1); R_0 – исходное сопротивление теплопередачи ограждающей конструкции здания, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$; R – результирующее значение сопротивления теплопередачи ограждающей конструкции здания при покрытии фасада солнечным коллектором, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$; ΔR – изменение сопротивления теплопередачи ограждающей конструкции здания при покрытии фасада солнечным коллектором, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$; $Q_{\text{SUN}}^{\text{COL}}$ – количество

суммарной солнечной радиации, абсорбированной 1 м^2 солнечного коллектора, кВт·час (см. табл. 1, величина $E \cdot \eta_{\text{тепл}}$).

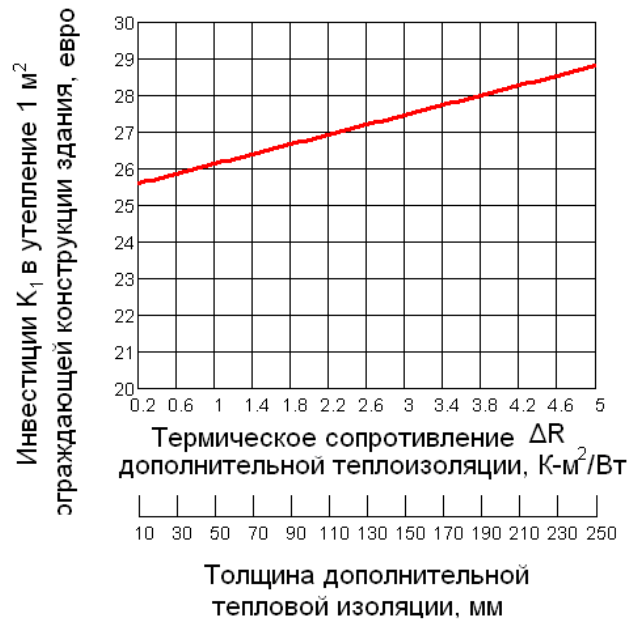


Рис. 2. Зависимость инвестиций K_I в утепление 1 м^2 ограждающей конструкции здания от значения дополнительного термического сопротивления ΔR , который создает слой утеплителя [16]
 Fig. 2 Dependence of investment of capital K_I (surface 1 м^2) for the building's envelop renovation of the additional thermal resistance value ΔR which create heat insulation layer [16]

Используя зависимость (10) была создана номограмма, позволяющая определять годовой доход при покрытии 1 м^2 фасада здания предложенным солнечным тепловым коллектором (рис. 3). Удобство предложенной номограммы состоит в том, что она в отдельности учитывает возможные технологические, климатические и ценовые факторы, влияющие на доход. Кроме того, данная номограмма дает возможность рассматривать случаи традиционного утепления ограждения здания при помощи нанесения дополнительного слоя тепловой изоляции без использования солнечного коллектора – вариант 1 (на номограмме этому случаю соответствует линия $Q_s = 0 \text{ кВт} \cdot \text{час}$). Для примера на номограмме показано определение такого дохода в условиях Киевского региона для

двух рассматриваемых вариантов. На сегодняшний день стоимость тепловой энергии для бюджетных и других юридических организаций г. Киева составляет 0,055 евро/кВт·час [18].

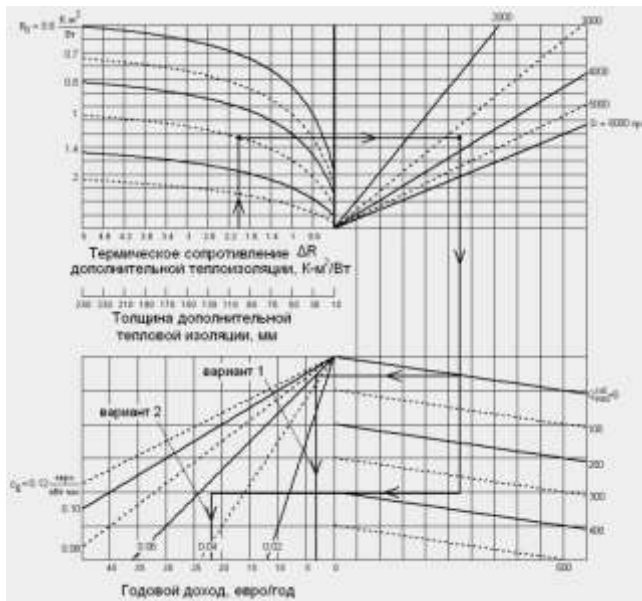


Рис. 3. Номограмма для определения годового дохода при покрытии 1 м² фасада здания предложенным солнечным тепловым коллектором с АТТ

Fig. 3. The nomogram for the determination of annual income at application of building façade based solar thermal collector with heat pipes (surface 1 m²)

Приблизительно такие же тарифы действительны и для других регионов Украины. Итак, если исходное сопротивление теплопередачи ограждающей конструкции здания $R_0 = 1 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, что характерно для большинства зданий Украины, то при повышении этого сопротивления на $\Delta R = 2 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, что регламентируется сегодня государственными нормами для большей части Украины [19], в 1-м варианте годовой доход, отнесенный к 1 м² фасада, будет составлять за отопительный период 3,1 евро, а во 2-м случае – 23 евро. Повышению сопротивлению $\Delta R = 2 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ соответствует, при коэффициенте теплопроводности $0,05 \text{ Вт}/(\text{К} \cdot \text{м})$, слой дополнительной тепловой изоляции толщиной 100 мм.

Необходимо подчеркнуть, что в данном примере рассмотрены случаи использования солнечного коллектора на протяжении всего года, кроме декабря и января, когда, как показали результаты исследования эффективность солнечного коллектора очень низкая. Хотя работу коллектора можно рассматривать и для отдельных периодов года.

Если учесть, что в условиях Украины стоимость 1 м² такой изоляции составляет 26,8 евро (рис. 2), а дополнительная средняя стоимость 1 м² предложенной конструкции солнечного коллектора без учета слоя тепловой изоляции – 50 евро, то, согласно формуле (7) в 1-м варианте срок окупаемости энергосберегающего мероприятия составляет 8,6 года а в 2-м, согласно формуле (8) – 3,5 лет. То есть при установке предложенной конструкции плоского солнечного коллектора, срок окупаемости инвестиций уменьшается больше чем на 5 лет по сравнению со сроком окупаемости инвестиций в традиционное решение по тепловой изоляции фасада здания. Это обусловлено тем, что предложенный комплексный подход позволяет одновременно использовать солнечную энергию и повысить уровень тепловой изоляции ограждения здания.

На рис. 4 показаны значения срока окупаемости для двух рассматриваемых вариантов в климатических условия городов Варшава, Киев, Львов, Ужгород. Из рис. 4 видим, при увеличении термического сопротивления наружного ограждения здания на $0,2 \dots 2,2 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, для всех рассматриваемых городов, во 2-м варианте срок окупаемости на пять и больше лет меньше чем в 1-м варианте.

Как видно из рис. 4, при увеличении термического сопротивления ΔR от 0.2 до $5 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, в первом варианте (традиционное утепление) для всех рассматриваемых городов срок окупаемости снижается довольно существенно, а во втором варианте (покрытие фасада предложенной конструкцией коллектора) – срок окупаемости практически не меняется. Анализ показал, что во втором варианте доля дохода от использования солнечной энергии

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЛНЕЧНЫХ ТЕПЛОВЫХ КОЛЛЕКТОРОВ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЕВЫХ ТЕПЛОВЫХ ТРУБ ПРИ РЕНОВАЦИИ СТАРЫХ ЗДАНИЙ

значительно больше, чем от обычного утепления фасада.

тепловых коллекторов для широкого диапазона влияющих климатических факторов.

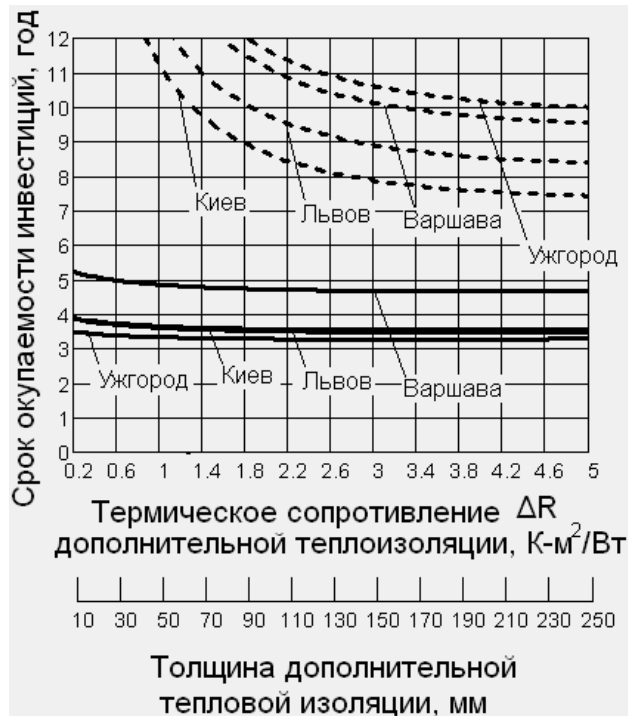


Рис. 4. Зависимость срока окупаемости инвестиций от увеличения термического сопротивления фасада здания, штриховые линии – традиционное утепление (вариант 1), сплошные – покрытие фасада предложенной конструкцией солнечного теплового коллектора с АТТ (вариант 2),

$$R_0 = 1 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

Fig. 4. Dependence of pay-back period of building faced thermal resistance increase, dashed line – usual renovation (variant 1), solid line – application of building façade based solar thermal collector with aluminium heat pipes (variant 2), $R_0 = 1 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{W}$

ВЫВОДЫ

1. В работе предлагается новый комплексный подход реновации фасадов старых зданий на основе использования солнечных тепловых коллекторов на основе алюминиевых тепловых труб, позволяющий одновременно абсорбировать солнечную энергию и повысить теплоизоляционные свойства наружных ограждений.

2. На основе экспериментальных данных выполнены расчеты эффективности предложенной конструкции солнечных

3. На основе общепризнанных подходов сделан анализ экономической эффективности внедрения предлагаемого подхода использования данной конструкции солнечных тепловых коллекторов.

4. Результаты расчетов показали, что для условий Польши и Украины данный подход позволяет на пять и больше лет уменьшить срок окупаемости инвестиций в утепление фасада здания путем использования солнечных коллекторов на основе тепловых труб в сравнении с традиционными методами нанесения слоя изоляции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Wim Depaetere. Integrated design solution for the multifunctional skin of an office building, Conference on Advanced Building Skins, Bressanone, Italy, 05-06 November 2013, 41-45.
2. K. Voss, E. Musall. Net zero energy buildings. Detail Green Book, 2012, ISBN 978-3-920034-80-5.
3. Handbook on Buildings Renovation in Central Baltic Region. Riga: Riga Technical University, 2013 – 9.
4. U. Eicker. Solar Technologies for Buildings. Wiley, 2003 – 341 p.
5. S.B Riffat, P.S. Doherty, E.I. Abdel Aziz. Performance testing of different types of solar collectors. International Journal of Energy Research. Volume 24, Issues 13, pp 1203–1215, 25 October 2000.
6. <http://www.robinsun.com/>
7. <http://solarthermalworld.org/content/germany-facade-hot-water>.
8. D.A. Reay, P.A. Kew. Heat Pipes. Fifth edition 2006. – 374.
9. Васильев Л.Л., Гракович Л.П., Хрусталева Д.К. Тепловые трубы в системах с возобновляемыми источниками энергии. Наука и техника, 1988 – 160.
10. Rebecca Alexander. The artful solar energy: engaging with Minnesota’s four seasons in an off-grid wandering restaurant, Conference on Advanced Building Skins, Bressanone, Italy, 05–06 November 2013, 41-45.

11. Boris Rassamakin, Sergii Khairnasov, Vladilen Zaripov, Andriy Rassamakin, Olga Alforova. Aluminium Heat Pipes Applied in Solar Collectors, Solar Energy, Serial No. 94, August 2013, 145-154.
12. Sergii Khairnasov, Boris Rassamakin, Rostyslav Musiy, Andrii Rassamakin. Solar Collectors of Buildings Facade Based on Aluminum Heat Pipes with Colored Coating, Journal of Civil Engineering and Architecture, Volume 7, No. 4 (Serial No. 65), April 2013, 403-409.
13. Sergii Khairnasov, Vladilen Zaripov, Dmytro Kozak, Boris Rassamakin. The Study of Heat-Engineering Characteristics of a Solar Heat Collector Based on Aluminium Heat Pipes, Applied Solar Energy, 2013, Vol. 49, No.4, 225 – 231.
14. CEN, European committee for standardization, 2006 “EN 12975-2:2006, Thermal solar systems and components - Collectors – Part 2: Test methods”.
15. Incropera, Frank P.; DeWitt, David P. (2007). Fundamentals of Heat and Mass Transfer (6th ed.). New York: Wiley. 514. ISBN 09780471457282.
16. Руководство по оценке эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия / А. Н. Дмитриев, И. Н. Ковалев, Ю. А. Табунщиков, Н. В. Шилкин – М.: АВОК-ПРЕСС, 2005. – 120. - ISBN 5-98267-016-2.
17. www.aea.org.ua
18. <http://kyivenergo.ua/te-company/>
19. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція: ДБН В.2.6-31:2006. - [Чинний від 2007-04-01]. – К. : Мінбуд України, 2008. – 71. - (Національні стандарти України).

EFFICIENCY ASSESSMENT OF SOLAR THERMAL COLLECTORS BASED ON ALUMINIUM HEAT PIPES AT BUILDING FAÇADE RENOVATION

Summary. New approach of the designs creation based on flat plate solar collectors with aluminium heat pipes at renovation of old buildings is showed. In this case aluminium heat pipes could be as absorption surface of flat plate solar collectors and at the same time high heat transfer devices for transport heat to customer. The possibility of the application such solar thermal collectors was confirmed of experimental data which showed that the thermal efficiency of flat plate solar collector is 0.4 - 0.65 at the parameter $X = 0.02 - 0.06$. Solar systems based on aluminium heat pipes as part of building façades are perspective at an old building renovation with the providing an additional heat for DHW. A thermal insulation layer is necessary for effective work such type flat plate solar collectors and at the same time it will increases heat-insulating properties external building's walls. Estimated results showed that for Kyiv-region (Ukraine) payback period of complex facade renovation and insulation based on the proposed solar collectors is for 4 years less than payback period of increasing thermal resistances of building envelopes based on conventional technologies.

Key words: heat pipes, flat plate thermal collector, absorption surface, efficiency, building façade, building renovation.

КОРРОЗИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ СТАЛЕЙ В СРЕДАХ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

Павел Попович, Олег Цень, Тарас Довбуш, Анна Цень
Тернопольский национальный технический университет имени Ивана Пулюя
Pavlo Popovich, Oleg Tson, Taras Dovbush, Anna Tson
Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University

Аннотация. Определенно, что среды жидкого навоза крупного рогатого скота и навоза смешанного имеют незначительную коррозионную активность по отношению к сталям обычного качества (Ст. 3, Ст. 5) и качественным сталям (Сталь 10, Сталь 15, Сталь 20, Сталь 25). Определены незначительные локальные коррозионные повреждения, вызванные налипанием зависших частиц (солома, пр.). Скорость коррозии указанных групп сталей за время экспозиции в отфильтрованных жидких навозах находится в пределах 0,031...0,042 mm/year, что в 3–4 раза ниже в сравнении с модельным раствором дождевой воды.

Ключевые слова: органические удобрения, скорость коррозии, стационарный потенциал, глубинный показатель, коррозионный ток, катодная и анодная реакция.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Надежность машин для внесения твердых и жидких органических удобрений, обеспечивается их долговечностью, безотказностью, ремонтпригодностью и способностью хранить указанные характеристики [1]. В частности, для разбрасываний удобрений, свеклоуборочных комбайнов, нерабочий период составляет до 80% времени эксплуатации [2,3]. По многим причинам поддержание работоспособности машинного парка происходит на этапе межсезонного хранения открытым или закрытым способом. Эффективность процесса хранения зависит, прежде всего, от качественной очистки оборудования от остатков органических удобрений, почвы и соответствующего консервирования [4]. Несоблюдение условий хранения вызывает появление коррозионных повреждений. Скорость коррозии

оборудования, изготовленного из сталей обычного качества или среднеуглеродистых сталей, зависит от агрессивности среды, длительности контакта, температуры, состояния металла и защитных покрытий, качества сварных швов и болтовых соединений [5, 6]. На отдельных узлах разбрасывателей органических удобрений наблюдали точечную, щелевую, фреттинг-коррозию, контактную коррозию, коррозионное растрескивание [7, 8]. Потери металла при этом, обычно, незначительные, чаще всего они проявляются на ответственных сопряжениях поверхностей деталей, которые лимитируют надежность и работоспособность машин [9, 10].

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Для исследований проблематики надежности, по данным испытательного центра DLG (Германия), одним из шести основных направлений проведения испытаний есть исследование ресурса с/г техники согласно требованиям Европейского объединения организаций из испытаний сельскохозяйственной техники (ENTAM) [11]. Согласно исследованиям машин для внесения удобрений, 70–80% деталей машин выходят из строя в результате совместимого действия атмосферной коррозии и нагруженности несущих систем, из них 20–25% поломки в результате потери прочности с учетом коррозии [12, 13]. Наиболее опасными с позиций коррозионности являются удобрения и ядохимикаты [14, 15].

ПОСТАНОВКА ЗАДАНИЯ

Из органических удобрений наиболее коррозионно-активными являются торфянистые компосты, наименее

агрессивными – низинные и верховые торфы и навоз на основе экскрементов коров. Вода при этом выступает в качестве катализатора коррозионных процессов [16].

В рабочий период особенно опасным является совместное действие коррозионной среды и механических напряжений, в частности во время выполнения технологического процесса разбрасывания удобрений, операций загрузки и выгрузки, срок службы оборудования в таких случаях может сократиться на 40–60%.

Обеспечение надежного консервирования машинного парка в межсезонный период и сведение к минимуму отказов оборудования во время эксплуатации требует достоверных данных о коррозионной прочности сталей обычного качества и качественных в средах органических удобрений и понимания механизма электрохимической коррозии в их водных растворах [17,18,19].

Изучение влияния времени экспозиции на скорость коррозии сталей обычного качества – Ст.3, Ст.5 (ДСТУ 2651:2005; ISO 105-82) и сталей углеродных качественных - Сталь 10, Сталь 15, Сталь 20, Сталь 25 (ГОСТ 1050-88) и их электрохимические характеристики в растворах навоза крупного рогатого скота и навоза смешанного является целью экспериментальных исследований.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Коррозионные испытания проводили на образцах из сталей Ст. 3, Ст. 5 и Сталь 10, Сталь 15, Сталь 20, Сталь 25 в состоянии поставки, изготовленных в виде дисков диаметром 20 мм, с поверхностью чистотой Ra=0,63 мкм. Обезжиренные образцы взвешивали на аналитических весах с

точностью ± 0,0004g, хранили в эксикаторе до 24hr.

Коррозионной средой служили органические удобрения: жидкий навоз крупного рогатого скота и навоз смешанный, основной состав приведен в табл.1, сок сахарной свеклы и дистиллированная вода, как модель конденсата и дождевой воды. Перед началом испытаний коррозионные среды фильтровали для устранения диспергированных компонентов.

Измерение pH растворов перед началом коррозионных экспериментов и после их окончания измеряли с помощью pH-метра И-160М [20].

Скорость коррозии K_m (g/(cm²·hr) определяли масомерным методом после экспозиции в течение 1, 7, 12 и 24 сут. при естественной аэрации, а также после устранения продуктов коррозии.

Расчет осуществлялся за:

$$K_m = \Delta m / S \cdot \tau, \quad (1)$$

где: Δm - изменение веса образца после экспозиции в коррозионной среде и устранения продуктов коррозии, g;

S - площадь образца, cm²;

τ - время экспозиции, hr.

Полученные величины перечислялись за глубинным показателем Π (mm/year):

$$\Pi = \frac{K_m \cdot k}{\gamma} \cdot 10^{-1}, \quad (2)$$

где: k - коэффициент пересчета hr в year;

γ – плотность железа 7,86 g/cm³.

Степень защиты материала от коррозии Z , % рассчитывалась за формулой:

$$Z = K_m - K_i / K_m \cdot 100 \%, \quad (3)$$

где: K_m и K_i – соответственно, скорости коррозии, постоянные в дистиллированной воде и средах.

Таблица 1. Содержимое основных биогенных веществ
Table 1. Contents of the main nutrients

| Составляющие Среда | % масс | | | | | | | | |
|--------------------------|------------------|---------------|--------------|--------------|-------------------------------|------------------|------|------|-----------------|
| | H ₂ O | N загальн. | N білков. | N аміачн. | P ₂ O ₅ | K ₂ O | CaO | MgO | SO ₃ |
| Навоз к.р.с., жидкий | 86,7 | 0,38 | - | - | 0,12 | 0,22 | 0,25 | - | - |
| Навоз смешан., жидкий | 75,0 | 0,50 | 0,31 | 0,15 | 0,25 | 0,60 | 0,35 | 0,15 | 0,10 |

КОРРОЗИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ СТАЛЕЙ В СРЕДАХ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

Поляризационные исследования проводили потенциостатом IP – Pro. Рабочим электродами были образцы из сталей, запрессованные в фторопласт с площадью рабочей поверхности $0,0628 \text{ cm}^2$. Перед каждым измерением образец зачищался шлифбумагой №0, ацетоном потом сушили. Электрод сравнения – насыщен хлорсеребряный, вспомогательный – платиновый. Ток коррозии, константы Тафеля катодной и анодной реакций определяли из прямолинейных участков поляризационных кривых.

Пересчет токовых показателей скорости коррозии на массовых осуществлялся за:

$$K = ikA/nF, \quad (4)$$

где: i – ток коррозии, A/cm^2 ; k – коэффициент ($k = 1$, если время испытаний выражено в секундах, площадь - в cm^2);

A – атомная масса металла (для железа и стали $A = 56$);

n – валентность металла (для железа 2 или 3);

F – постоянная Фарадея [4].

Химанализ состава жидкого навоза крупного рогатого скота и навоза смешанного, а также сока свеклы, в меньшей мере, выявил присутствие соединений, которые содержат азот (табл. 1). Именно такие соединения часто имеют свойства ингибиторов коррозии. Коррозийные испытания указанных групп сталей при разном времени экспозиции приведены в табл. 2. Скорость коррозии обеих сталей на протяжении первых суток в 3–4 раза ниже, чем в дистиллированной воде (соке сахарной свеклы) [21].

Таблица 2. Глубинный показатель скорости коррозии сталей в органических удобрениях
Table 2. Depth indicator corrosion rate of steel in organic fertilizers

| Сталь | Время | П, mm/year | | | |
|----------|------------------|------------|---------|----------|----------|
| | Среда | 1 сутки | 7 суток | 12 суток | 24 сутки |
| Сталь 10 | H ₂ O | 0,139 | 0,080 | 0,084 | 0,078 |
| | Жидкий навоз | 0,040 | 0,007 | 0,006 | 0,004 |
| | Навоз смешан. | 0,036 | 0,004 | 0,003 | 0,004 |
| Сталь 15 | H ₂ O | 0,141 | 0,079 | 0,081 | 0,075 |
| | Жидкий навоз | 0,042 | 0,008 | 0,005 | 0,003 |
| | Навоз смешан. | 0,034 | 0,005 | 0,003 | 0,003 |
| Сталь 20 | H ₂ O | 0,13 | 0,075 | 0,077 | 0,071 |
| | Жидкий навоз | 0,038 | 0,007 | 0,005 | 0,003 |
| | Навоз смешан. | 0,032 | 0,004 | 0,003 | 0,003 |
| Сталь 25 | H ₂ O | 0,125 | 0,072 | 0,074 | 0,068 |
| | Жидкий навоз | 0,036 | 0,007 | 0,005 | 0,003 |
| | Навоз смешан. | 0,031 | 0,004 | 0,003 | 0,003 |
| Ст 3 | H ₂ O | 0,117 | 0,078 | 0,09 | 0,088 |
| | Жидкий навоз | 0,040 | 0,008 | 0,005 | 0,003 |
| | Навоз смешан. | 0,035 | 0,005 | 0,003 | 0,003 |
| Ст 5 | H ₂ O | 0,111 | 0,072 | 0,083 | 0,082 |
| | Жидкий навоз | 0,038 | 0,007 | 0,004 | 0,003 |
| | Навоз смешан. | 0,033 | 0,004 | 0,003 | 0,003 |

Стали обычного качества (Ст.3, Ст.5) корродируют быстрее, чем углеродные качественные конструкционные стали. Увеличение времени экспозиции ведет к существенному уменьшению скорости коррозии и через 24 сутки скорости коррозии, например, Стали 20 и Ст. 3 в обеих средах уравниваются. Следовательно,

в течение первых суток жидкий и смешанный навозе в сравнении с дистиллированной водой выявляют ингибирующий эффект на уровне 65–75%. Через 24 сутки степень защиты достигает уже 96%. Разница между коррозионной активностью обеих видов навоза практически отсутствует. Одиночные

локальные коррозионные повреждения, которые наблюдались на стали после экспозиции в нефилтрованном навозе, являются результатом образования гальванических пар в результате налипания на поверхность диспергированных твердых остатков соломы, семян, др.

На поверхности образцов после испытаний в течение 1 сут. выявлены лишь одиночные изменения в виде цветов переменчивости, которая отвечает толщине оксидной пленки порядка 460-680 Å. После дальнейших испытаний (7...24 суток) поверхность образцов остается чистой, блестящей, без видимых изменений. Анодные кривые для указанных выше сталей имеют небольшой участок, который можно связать с состоянием пассивности: в жидком навозе – 480–530 mV (Сталь 20), – 480-540 mV (Ст.3) и в смешанном – 250-320 mV (Сталь 20), - 350–420 mV (Ст.3).

К началу коррозионных испытаний pH растворов жидкого навоза и навоза смешанного представлял 7,45–7,50. После экспозиции сталей в этих средах в течение 24 суток pH росло до 8,0–8,2.

Потенциалы коррозии Стали 20 и Ст. 3 в средах обоих видов навоза устанавливаются в течение 15–20 min и в сравнении с дистиллированной водой сдвинуты в сторону более отрицательных значений (рис. 1a, b). Характер поляризационных кривых на образцах обеих сталей подобный (рис. 2a, b). Катодные кривые сталей качественных, в частности, Стали 20 отличаются между собой областью и величиной предельных диффузионных токов: в жидком навозе в диапазоне потенциалов – 630-920 mV предельный диффузионный ток представляет $7 \cdot 10^{-2} A/cm^2$, а в навозе смешанном в диапазоне – 510-810 mV - $3 \cdot 10^{-2} A/cm^2$. Катодные кривые сталей обычного качества, в частности, Ст.3 в обоих органических удобрениях отличаются лишь диапазоном потенциалов предельного диффузионного тока: – 680-1100 mV в жидком навозе и – 580–1100 mV – в смешанном. Предельный диффузионный ток несколько более высок, чем на стали 20 и представляет соответственно $9 \cdot 10^{-2} A/cm^2$ и $7 \cdot 10^{-2} A/cm^2$.

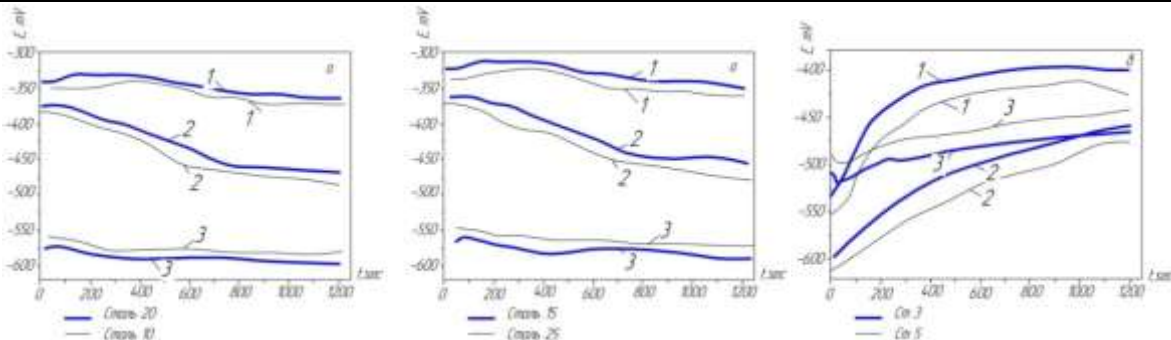


Рис. 1. Кинетика установления стационарного потенциала а – сталь 10, 15, 20, 25; б – Ст. 3, Ст. 5: 1 – дистиллированная вода; 2 – жидкий навоз; 3 - навоз смешанный.
Fig. 1. Kinetics of establishment of stationary potential а – 10, 15, 20, 25 steel; б – 3, 5 steel: 1 – distilled water; 2 – liquid manure; 3 – mixed manure.

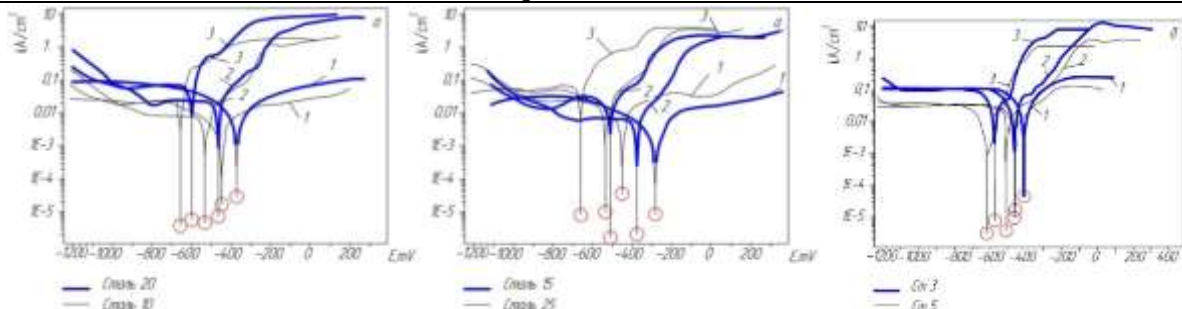


Рис. 2. Поляризационных кривой а – Сталь 10, 15, 20, 25; б – Ст. 3, Ст. 5: 1 – дистиллированная вода; 2 – навоз навоз смешанный; 3 - навоз жидкий.
Fig. 2. Polarizative curvers а – 10, 15, 20, 25 steel, б – 3, 5 steel: 1 – distilled water; 2 – liquid manure; 3 - mixed manure.

КОРРОЗИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ СТАЛЕЙ В СРЕДАХ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

Четко прослеживается также область пассивности в обеих средах при сдвиге потенциала от -250 мВ в сторону менее отрицательных потенциалов при высоких значениях токов пассивации около 10 А/см^2 .

Токи коррозии обеих сталей в жидком и смешанном навозах в 4–5 раз ниже, чем в дистиллированной воде (табл. 3). Эти мгновенные значения токовых показателей скоростей коррозии, перечисленные за формулой 4, удовлетворительно коррелируют с величинами скоростей, полученными масометрично за первые сутки при условии, что степень окисления железа будет представлять $3+$ (табл. 4). Низкая

коррозийная активность обоих видов навоза подтверждается и анализом тафеливских участков поляризационных кривых.

Константы Тафеля катодных и анодных реакций сталей указанных групп на примерах Ст. 20 и Ст. 3 в этих средах выше, чем соответствующие константы в дистиллированной воде (табл. 3). Это указывает на большее перенапряжение обеих электродных реакций сравнительно с электродными реакциями в воде, следствием чего и есть низкие значения скоростей электрохимической коррозии материалов.

Таблица 3. Электрохимические характеристики сталей в растворах органических удобрений
Table 3. Electrochemical properties of steels in solutions of organic fertilizers

| Среда х-ки Сталь | Жидкий навоз | | | | Навоз смешанный | | | | Вода дистиллирована | | | |
|------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | -- <i>Est</i> , <i>mV</i> | <i>ico</i> <i>r-1</i> <i>05</i> <i>A/c</i> <i>m</i> ² | <i>bc</i> , <i>mV</i> | <i>ba</i> , <i>mV</i> | -- <i>Est</i> , <i>mV</i> | <i>icor</i> · <i>105</i> <i>A/c</i> <i>m</i> ² | <i>bc</i> , <i>mV</i> | <i>ba</i> , <i>mV</i> | -- <i>Est</i> , <i>mV</i> | <i>icor</i> · <i>10</i> <i>5</i> <i>A/c</i> <i>m</i> ² | <i>bc</i> , <i>mV</i> | <i>ba</i> , <i>mV</i> |
| Сталь 10 | 597 | 0,8 | 30,8 | 28,6 | 454 | 0,7 | 36,1 | 28,8 | 392 | 3,7 | 22,4 | 19,8 |
| Сталь 15 | 604 | 0,7 | 31,3 | 29,2 | 457 | 0,7 | 37,2 | 30,2 | 380 | 3,5 | 23,1 | 20,2 |
| Сталь 20 | 610 | 0,7 | 33,3 | 30,0 | 460 | 0,6 | 38,5 | 460 | 372 | 3,0 | 25,0 | 22,3 |
| Сталь 25 | 617 | 0,7 | 34,8 | 32,1 | 472 | 0,5 | 40,1 | 33,8 | 452 | 0,9 | 36,2 | 30 |
| Ст.3 | 590 | 0,9 | 30,2 | 28,1 | 450 | 0,8 | 35,0 | 27,9 | 401 | 4,1 | 21,3 | 18,3 |
| Ст.5 | 592 | 1 | 30,4 | 28,4 | 452 | 0,9 | 36,2 | 30 | 410 | 4,3 | 22,0 | 19,1 |

Таблица 4. Сопоставление скоростей коррозии сталей, полученных гравиметрически (K_m ($\text{г/см}^2\text{ с}$)), электрохимически (i_{cor} , А/см^2) и перечисленных с токовых показателей (K_i ($\text{см}^2\cdot\text{с}$)) в средах органических удобрений

Table 4. Comparison of corrosion rate of steel obtained gravimetrically (K_m ($\text{г/см}^2\text{ с}$)), electrochemically (i_{cor} , А/см^2) and listed with the current parameters (K_i ($\text{см}^2\cdot\text{с}$)) in the media of organic fertilizers

| Среда Сталь | Н ₂ О _{дист.} | | | Жидкий навоз | | | Навоз смешанный | | |
|----------------|-----------------------------------|----------------------|------------------|------------------|----------------------|------------------|------------------|----------------------|------------------|
| | $K_m \cdot 10^9$ | $i_{cor} \cdot 10^5$ | $K_i \cdot 10^9$ | $K_m \cdot 10^9$ | $i_{cor} \cdot 10^5$ | $K_i \cdot 10^9$ | $K_m \cdot 10^9$ | $i_{cor} \cdot 10^5$ | $K_i \cdot 10^9$ |
| 10 | 3,32 | 3,70 | 5,85 | 0,99 | 0,70 | 1,45 | 0,85 | 0,70 | 1,25 |
| 15 | 3,30 | 3,50 | 5,88 | 1,01 | 0,8 | 1,48 | 0,87 | 0,70 | 1,28 |
| 20 | 3,25 | 3,00 | 5,80 | 0,94 | 0,70 | 1,40 | 0,80 | 0,60 | 1,20 |
| 25 | 3,20 | 2,80 | 5,76 | 0,90 | 0,80 | 1,36 | 0,76 | 0,50 | 1,16 |
| 3 | 3,50 | 4,10 | 7,80 | 1,10 | 0,90 | 1,70 | 0,90 | 0,80 | 1,50 |
| 5 | 3,42 | 4,30 | 7,73 | 1,03 | 0,90 | 1,63 | 0,84 | 1,00 | 1,42 |

Таким образом, жидкий навоз и навоз смешанный выявляют незначительную коррозионную агрессивность для сталей обычного качества и качественных сталей. Коррозия в указанных средах протекает за электрохимическим механизмом со скоростями значительно более низкими, чем в дистиллированной воде (модели дистиллята или дождевой воде) при естественной аэрации. В соке сахарной свеклы стали корродируют аналогично к модельным средам (дождевой воды).

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что коррозия качественных сталей и сталей обычного качества в жидком навозе и навозе смешанном имеет локальный характер, предопределенный формированием одиночных гальванических пар, которые являются следствием налипания зависших твердых частиц (соломы, семян, др.).

2. После фильтрования зависших частиц две среды выявляют незначительную коррозионную активность касательно сталей указанных групп. Скорость коррозии этих сталей за первое время экспозиции представляет лишь 0,032–0,040 *mm/year*, что есть в 3–4 раза более низким в сравнении с модельным раствором дождевой воды. Следующее снижение скорости до 0,003 *mm/year* может быть связано с ингибирующими свойствами химических составляющих навоза.

3. Установлено, что коррозия сталей в обеих видах навоза протекает за электрохимическим механизмом. Стационарные потенциалы этих сталей в данных средах в сравнении с дистиллированной водой смещены в область более отрицательных значений, а токи коррозии в 4–5 раз ниже. Константы Тафеля для обеих сталей выше, чем в дистиллированной воде, которая свидетельствует о затруднении обеих электродных реакций.

4. Значения токовых показателей скоростей коррозии удовлетворительно согласуются с величинами скоростей, полученных масометрично.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Mykhaylovych Y.Y. Problema khranenyaya selskokhozyaystvennoy tekhniky / Y.Y. Mykhaylovych, A.I. Rubets // Predlozhenye. – 2008. – № 12. – 90–104.
2. Severnev M. M. Yznos y korrozyya selskokhozyaystvennykh mashyn / M. M. Severnev, N.N. Podlekarev, V.S. Sokhadze, V.O. Kytykov. – Mynsk: Belaruskaya Navuka, 2011. – 334.
3. Volodymir Bulgakov. 2004: Proektyrovanye selskokhozyaystvennoy tekhniky, ee otvetstvennost mezhdunarodnym trebovaniyam kachestva, standartyzatsyy i sertyfykatsyy / Volodymir Bulgakov, Oleksandr Sidorchuk // Motrol. Motoryzatsja i energetyka rolnitstva. – Lublin – Tom 9, 207 – 211.
4. Haydar S.M. Zashchyta selskokhozyaystvennoy tekhniky ot korrozyy y yznosa s prymenenyem nanotekhnolohyy / Dyssert. dokt. tekhn. nauk. – Moskva: FHBOU VPO MHAU, 2011. – 416.
5. Severnuy A.E. Spravochnyk po khranenyuu selskokhozyaystvennoy tekhniky / A. E. Severnuy, A. F. Potkalev, A.L. Novykov. – M.: Kolos, 1984. – 223.
6. Severnuy A.E. Sokhranyaemost' i zashchyta ot korrozyy selskokhozyaystvennoy tekhniky / A. E. Severnuy. - M.: HOSNYTY, 1993. - 233.
7. Makarenko M.O. Pitynh ta inshi zahrozy mizhsezonna // Ahrobiznes s'ohodni. – 2012. – № 22. – 245–247.
8. Ulyh H.H. Korrozyya metallov. – M.: Metallurhyya, 1968. – 306.
9. RTM 23.2.75.– 82. Rukovodyashchyy tekhnicheskyy materyal. Ramy svarnye sel'skokhozyaystvennykh mashyn. Konstruktorsko – tekhnolohycheskoe proektyrovanye. – M.: VYSKhom, 1982. – 111.
10. Referatyvnuy zhurnal selskoe khozyaystvo, mekhanizatsyya i elektryfikatsyya sel'skoho khozyaystva yyun' 1985 chast' 2.
11. QS Kompakt. Das QS-Prufsystem im Uberblick, Nimechchyna, 2008, Wir setzen MaBstabe. DLG – Testzentrum Technik und Betriebsmittel, Nimechchyna, 2007.
12. Yakovenko A. 2004: Optymyzatsyya rezhymov raboty mashynno – traktornykh ahreatov / Anatoliy Yakovenko, Leonid Doroshenko, Krzysztof Plizga // Motrol.

КОРРОЗИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ СТАЛЕЙ В СРЕДАХ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

- Motoryzatsja i energetyka rolnitstwa. – Lublin – Tom 6, 269–273.
13. S.I. Loch, Malgorzata Browska – Bakalarz, Wojtsiech Tanas. 2006. Rezyltatu isputaniy shtangovoy mashynu MTT – 4Sh dlya vusokotochnogo vneseniya tverduh mineralnuh ydoreniy // MOTROL. Tsommission of Motorization and Energetitss in Agritsulture – Lublin, Vol. 8. 125–130.
14. Myneev V.H. Ahrokhymyya: uchebnyk – 2-oe yzd., pererab. Y dop. – M.: Yzd-vo MHU, yzd-vo Kolos 2004. – 720.
15. http://svitagro.com/ukrayinskiy_rinok-mineralnih-dobriv-pidsumki-2012.
16. Tomashov N.D. Laboratornye raboty po korrozyy y zashchyte metallov / N.D. Tomashov, P. N. Zhuk, V.A. Tytov, M. A. Vedeneeva // M.: Metallurhyya, 1971. – 280.
17. Atamanytsyn P. V. Plavnost' khoda bol'shehruznykh traktornykh poluprytsepov/ P. V. Atamanytsyn, V.Y Myrkytanov, F.S Hal'sband // Mekhanyzatsyya i elektryfikatsyya sel'skoho khozyaystva. – 1985, №6, 14–15.
18. Shchuryk K.V. Prohnozyrovanye i povushenye ustalostnoy dolhovechnosty nesuchykh system selskokhozyaystvennykh traktornykh sredstv / Dyssert. dokt. tekhn. nauk. – Orenburh: OPY, 1994. – 423.
19. Metodyka uskorenykh prochnostnykh yspytanyy nesuchykh system mashyn na polyhone KubNYYTyM // Vsesoyuznoe obyedynenye "Soyuzsel'khoztekhnika" Soveta Mynystrov SSSR. – Novokubansk : KubNYYTyM, 1968. – 213.
20. Volodymyr Dyduh. 2004: Modelyrovanye protsessov proyzvodstva orhano-myneral'nykh udobreniy / Volodymyr Dyduh, Vasyliy Satsyuk, Yuriy Tsysh, Stanislaw Sosnowski // Motrol. Motoryzatsja i energetyka rolnitstwa. – Lublin – Tom 6, 74–82.
21. Yarosh Y. M., Trusov B. A. Tekhnolohiya vyrobnytstva silskohospodarskoyi produktsiyi: Navch. posib. / Ministerstvo aharnoyi polityky Ukrayiny. Navchal'no-metodychnyy tsentr po pidhotovtsi molodshykh spetsialistiv – K.: Ukrayins'kyy Tsentr dukhovnoyi kul'tury, 2005. – 528.

CORROSION OF MACHINE - BUILDING STEELS IN MEDIUMS ORGANIC FERTILIZERS

Summary. It was established that media of the liquid and mixed manures has a weak corrosion effect on 20 and 3 steel. The observed the insignificant corrosion damages are caused by adhesive suspended particles (straw, seeds and others). Corrosion rate of those steels in filtering manures after 1day exposition is only 0,032.0,040 mm/year, that is in 3,4 times lower than in model solution of rainy water.

Key words: organic fertilizers, corrosion rate, fixed potential, depth indicator, corrosion current, cathodic and anodic reaction.

ОРГАНИЗАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ РАБОТ ПРИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ

Александра Костышин

Львовский национальный аграрный университет, Украина

Aleksandra Kostishin

Lviv National Agrarian University, Ukraine

Аннотация. В статье обосновывается необходимость проведения рекультивации земель - одной из эффективных мер в решении вопросов рационального использования земельных ресурсов и проблемы охраны природы в целом. В частности на конкретном примере излагаются методика и практический опыт разработки проекта дополнительного землевания территории и осуществление комплекса агротехнических мероприятий по биологической рекультивации.

Ключевые слова: биологическая рекультивация, сельскохозяйственное использование, земляные работы, карьер.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Сегодня актуальность экологических вопросов в мире достигла такого уровня, что возникла необходимость в разработке системы действия, которые снижали бы негативное влияние человеческой деятельности на окружающую среду [4, 7]. Для решения проблемы техногенно нарушенных ландшафтов используют различные способы и методы рекультивации земель. Главная цель рекультивации – вернуться к активному народно-хозяйственному использованию земель, нарушенных вследствие горных и других специфических работ, создать на них сельскохозяйственные, лесные и другие угодья, улучшить условия окружающей среды. [6, 11, 15]

Существующие технологии рекультивации требуют существенного улучшения. Процессы формирования новых экосистем, способных к саморегулированию и самовосстановлению занимают много времени. Ранние этапы биологической рекультивации изучены неплохо, но, к сожалению, особенности протекания почвовоспроизведения в отдаленные строки

практически не исследованы. Решение этой проблемы чрезвычайно актуально для Львовской области [17, 19], учитывая, что перспективы ее экономического развития в частности зависят от расширения и интенсификации работы горно – добывающего комплекса.

Для уменьшения и полной ликвидации последствий негативного влияния указанных факторов на природно–территориальные комплексы нужно проводить широкомасштабные восстановительные работы с привлечением новейших технологий и высококвалифицированных специалистов.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В научно – методических рекомендациях по рекультивации нарушенных земель указано, что рекультивация земель – один из эффективных мер в решении вопросов рационального использования земельных ресурсов и проблемы охраны природы в целом [3, 18]. Любое строительство, добыча полезных ископаемых, геологоразведка и т.д. не начинаются, пока не будет разработан проект рекультивации нарушенного почвенного покрова [14]. Территория Украины характеризуется сложными и разнообразными природными и инженерно-геологическими условиями. Многие районы относятся к категории техногенной нагрузки. Районы где ведутся интенсивные горные работы – Донбасс, Криворожье, Львовско-Волынский угольный бассейны - испытывают процессов смещения поверхности [19]. Именно для того, чтобы вернуть землям их естественное состояние и радикально улучшить экологическую ситуацию в стране Законом Украины от 21 сентября 2000г. № 1989–III утвержден общегосударственной программе

формирования национальной экологической сети Украины на 2000–2015 гг. Согласно статье 171 Земельного кодекса Украины [2, 5] в деградированных земель относят участки поверхность которых нарушена вследствие добычи полезных ископаемых, а хозяйственное использование экономически неэффективно. Статья 172 предусматривает консервацию таких земель путем лугов или облесение [9, 10, 17].

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В данной статье проиллюстрируем комплекс специальных работ и мероприятий на конкретном примере (улучшение раньше рекультивированных земель) путем дополнительного землевания территории и осуществление комплекса агротехнических мероприятий по биологической рекультивации.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Обычно рекультивация выполняется в два этапа – горнотехническая и биологическая. На первом этапе рекультивация проводится горным предприятием, на втором – землепользователями, которым передаются (или возвращаются) земли. Для обеспечения рационального использования снятого при производстве горных работ почвенного слоя выполняется землевание, т.е. комплекс работ по нанесению плодородного слоя почвы и потенциально плодородных пород на малопродуктивные угодья с целью их улучшения. Затраты на рекультивации колеблются в широких пределах и зависят от природно – климатических, горно-геологических, горнотехнических условий разрабатываемого месторождения [1]. В проектно-сметной документации расчетные сроки окупаемости превышают 20 – 25 лет, побуждает покидать эти земли, особенно в условиях современного кризиса, некультивированными. Но площади нарушенных, деградированных и малопродуктивных земель с каждым годом увеличиваются, что накапливает негативное влияние на окружающую среду [8, 16].

Территория Демне – Добрянского карьеру известняка, общей площадью 95,47 га, расположенный в пределах Львовского Ополье лесостепной Западной зоны в пределах Перемышлянского (04) природно-сельскохозяйственного района. На данной территории было проведено техническое рекультивацию отработанного карьера с нанесением плодородного слоя почвы толщиной от 0 – 10 см до 30 – 40 см.

Для использования данного участка в интенсивном сельскохозяйственном производстве необходимо увеличение толщины плодородного слоя почвы путем дополнительного землевания территории и осуществление комплекса агротехнических мероприятий по биологической рекультивации.

По результатам полевых и лабораторно – аналитических работ составлена картограмма (государственным предприятием «Львовский научно-исследовательский и проектный институт землеустройства», заказчик ОАО «Николаевцемент») фактической мощности насыпного слоя ранее рекультивированных земель и картограмма увеличения его толщины по территории путем землевания. Также предложен комплекс агротехнических мероприятий и систему удобрения с целью освоения данной площади в пахотные земли.

Для передачи данного участка в интенсивное сельскохозяйственное производство, необходимо доказать толщину плодородного слоя почвы на всей площади ориентировочно до 50 см с учетом уже имеющейся мощности.

Основой для расчета объема земляных работ при вертикальной панировке является топографический план рекультивированного участка, на котором разбита сетка квадратов со сторонами 100 метров. (см. рис.1) Длина стороны зависит от формы рельефа и требований и точности расчета объема земляных работ. На основе этого плана составляют картограмму земляных работ, на которую выписывают фактические и проектные отметки всех вершин квадратов сетки. Затем рассчитывают рабочие отметки.

$$h_p = H_{ч} - H_{к}, \quad (1)$$

где: $H_{ч}$ – фактическая (черная) отметка вершины квадрата;

ОРГАНИЗАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ РАБОТ ПРИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ

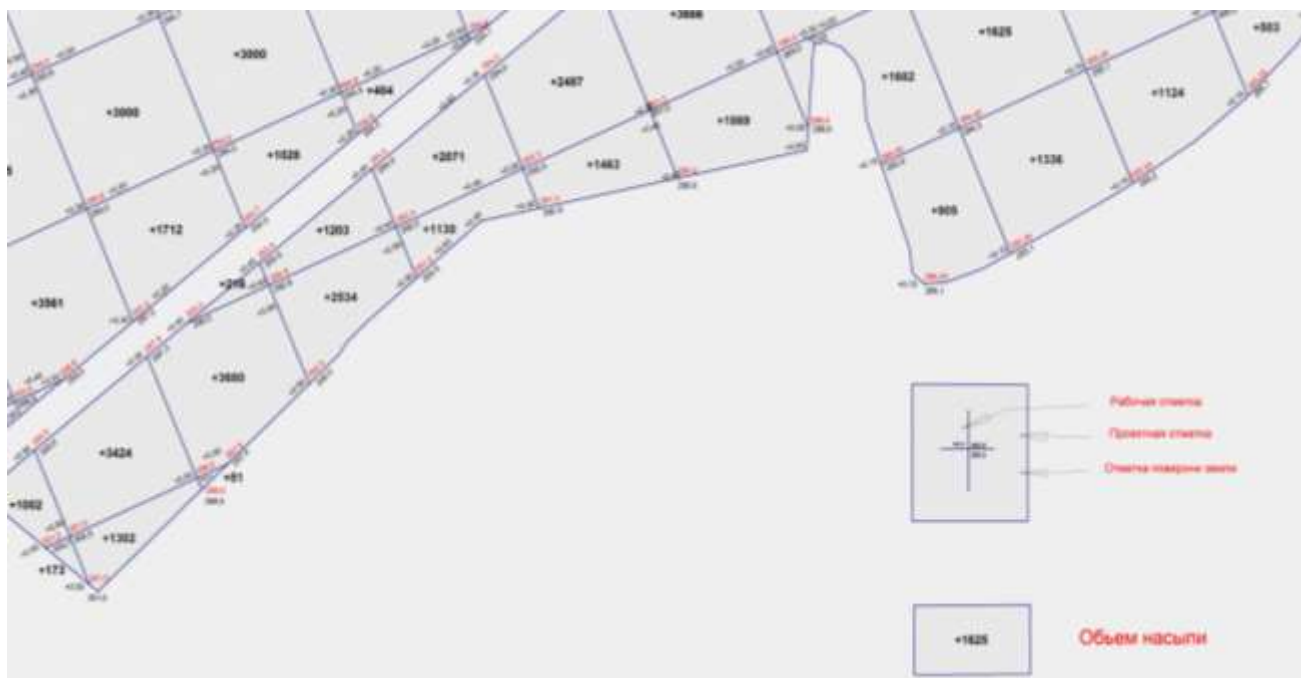


Рис. 1. Рабочий проект (фрагмент) землевания малопродуктивных угодий снятым плодородным слоем почвы

Fig. 1. Working draft (fragment) of earth mulching of less effective agricultural lands by removing of fertile layer of soil



Рис. 2. Картограмма земляных работ

Fig. 2. Cartogram of french works

H_k – проектная (красная) отметка вершины квадрата.

Эти отметки тоже выписывают на картограмму земляных работ. Положительный знак рабочей отметки указывает на необходимость выемки грунта в этой точке, а отрицательный знак – на насыпь. В нашем случае все с положительным знаком (см. рис. 1).

Подсчет объемов земляных работ осуществляют путем разбивки участка на ряд элементарных геометрических фигур. При этом используют способ треугольных или квадратных призм (см. рис. 2).

Для получения треугольных призм во всех квадратах сетки в одном направлении проводят диагонали и рассчитывают объем каждой треугольной призмы:

$$V = 1/2 \times a^2 \times (h_1 + h_2 + h_3) / 3, \quad (2)$$

где: a – сторона квадрата, м ;

h_1, h_2, h_3 – рабочие отметки вершин квадратов.

В способе четырехугольных призм объемы земляных работ рассчитывают для каждого квадрата сетки:

$$V_{\text{и}} = S \times h_{\text{ср}}, \quad (3)$$

где: S – площадь квадрата; $h_{\text{ср}}$ – средняя рабочая отметка. Получаемой как среднее арифметическое от отметок четырех вершин квадратов:

$$h_{\text{ср}} = (h_1 + h_2 + h_3 + h_4) / 4. \quad (4)$$

Следует заметить, что способ четырехугольных призм менее точный, чем способ треугольников, но он требует меньше расчетов. В данном примере объем земляных работ рассчитывается по способу треугольных призм. Исходными данными были дирекционный угол $\alpha = 14,5^\circ$, проектная отметка 47,05м; величина наибольшего уклона местности $i = 0,027$. Расчет объемов земляных работ сведен в таблицу 1, которая представлена ниже, а также все расчеты указаны на картограмме земляных работ (рис. 2), где территория разбита на 12 геометрических фигур для упрощения технических работ на местности.

Таблица 1. Ведомость объемов земляных работ

Table 1. List of amount of trench works

| Зони | Площадь, га | Мощность нанесения плодородного слоя почвы, м | Общий объём куб. м |
|-------------|-------------|-----------------------------------------------|--------------------|
| I | 13,85 | +0,15 – +0,20 | 27990 |
| II | 16,93 | +0,20 – +0,30 | 49594 |
| III | 5,16 | +0,40 – +0,50 | 22239 |
| IV | 5,62 | +0,40 – +0,50 | 23649 |
| V | 1,86 | +0,20 – +0,30 | 4598 |
| VI | 16,46 | +0,20 – +0,30 | 57900 |
| VII | 8,25 | +0,40 – +0,50 | 34563 |
| VIII | 1,31 | +0,40 – +0,50 | 5658 |
| IX | 5,39 | +0,20 – +0,30 | 12131 |
| X | 13,26 | +0,15 – +0,20 | 23796 |
| XI | 114,08 | +0,30 – +0,40 | 13347 |
| XII | 3,49 | +0,40 – +0,50 | 15186 |
| Общий объём | | | 290650 |

Итак, после расчета объема земляных работ: объем насыпи равен объему выемки – 290650 куб. м. Толщина нанесения слоя плодородной почвы после планировки поверхности 0,15 – 0,5 метров.

Произведя расчет объемов земляных работ в местах засыпки и срезки было обнаружено, что засыпка в объеме составляет 226430 тыс. м³, разработка и транспортировка плодородной почвы составляет в объеме 64220 тыс. м³ на расстоянии до 2 км.

После проведения работ по рекультивации, участок будет использоваться под пашню.

Земляные работы на участке выполняются следующими механизмами:

- бульдозеры мощностью 132 кВт,
- экскаваторы с ковшом емкостью 0,65 м³,
- самосвалы грузоподъемностью 10 т.

Дальность перемещения и транспортировки почвы принята следующая: для бульдозера она составляет 100 м, для автосамосвала 1 км. Разработка минеральной почвы выполняется экскаватором с погрузкой на автосамосвалы и транспортировкой во временный отвал.

Плодородная почва из временных отвалов разрабатывается и нагружается

ОРГАНИЗАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ РАБОТ ПРИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ

экскаватором на самосвал и транспортируется на участок рекультивации.

Развертывание почвы выполняется бульдозерами.

Ниже приведена ведомость физических объемов работ

Таблица 2. Сводная ведомость физических объемов работ
Table 2. Summary list of amount of trench works

| № п/п | Название видов работ | Ед. измерения | Количество |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------------|
| 1 | Снятие плодородной почвы бульдозером с перемещением 50 м | 1000 куб. м | 226,430 |
| 2 | Разработка плодородной почвы (1 – ой группы) с нагрузкой в автосамосвалы экскаватором с ковшом 0,4 куб. м: | 1000 куб. м | 290,650 |
| 3 | Транспортировка почвы автосамосвалами 12 т на расстояние до 2–х км | т | 348780 |
| 4 | Разравнивание отвалов навезённого плодородного слоя почвы 1 – й группы бульдозером с перемещением до 100 м. | куб. м | 290650 |
| 5 | Планирование площади бульдозером (почвы 1 – й группы) | кв. м | 954691 |

С целью привлечения данного участка, после дополнительного землевания, в интенсивное сельскохозяйственное использование, в частности в паевые земли – пашню, необходимо провести соответствующий комплекс гидромелиоративных и агротехнических мероприятий по ее биологическому освоению – рекультивации, это обеспечит получение насыпным слоям признаков почвенного профиля с определенными физико – химическими и водно – физическими свойствами, то есть проведется конструирование искусственных почв для восстановления всей сложной системы почвенных процессов, происходящих в твердой, жидкой, газообразной и живой фазах для их регенерации в условиях биологического круговорота, с постепенным превращением в природные.

После проведения технического этапа рекультивации, который теоретически описан выше, представим проведение и расчет биологического этапа, так как основное задание в данной статье было

осуществление комплекса агротехнических мероприятий по биологической рекультивации. На этом же участке (карьер известняка), где проводилась ранее рекультивация, предлагаем следующие мероприятия сроком на 4 года.

1 год освоения

- Дискование площади в 2 следа для выравнивания поверхности почвы;
- Внесение органических удобрений 60 т / га;
- Внесение минеральных удобрений N 60, P 90, K 90 кг / га действующего вещества (д.в.);
- Вспашка на глубину 25 см.;
- Культивация на глубину 10 – 15 см.;
- Посев озимой ржи в смеси с викой (180 + 80 кг/га);

2 год освоения

- Приоривание смеси зеленой массы на сидерат;
- Внесение минеральных удобрений N 45 , P 45, K 45 кг / га д.в.;
- Фрезерование почвы;
- Культивация почвы на глубину 10 – 12 см.;
- Боронование почвы на глубину 3 – 5 см.;
- Сев ярового рапса 30 кг / га;
- Приорювания зеленой массы ярового рапса;
- Культивация почвы на глубину 10 – 15 см.;
- Посев озимой ржи (220 кг / га).

3 год освоения

- Приорювания зеленой массы на сидерат
- Внесение минеральных удобрений N 30 P 30 K 30 кг / га д.в.
- Культивация почвы на глубину 10 - 15 см
- Посев смеси многолетних трав (тимофеевка 10 кг / га , ежа сборная 10 кг / га, клевер красный 10 кг / га, райграс пастбищный 10 кг / га)

4 год освоения

- Скашивание зеленой массы на сено;
- Подпитка минеральными удобрениями N 30 P 30 K 30 кг / га д.в.;
- Скашивание второго укоса многолетних трав;
- Вспашка на глубину 25 см.

Потребность механизмов и транспортных средств для предложенных мероприятий:

1. Тракторы ДТ-75 – 2.

2. Автосамосвал ГАЗ-53 – 1.
3. Разбрасыватель удобрений минеральных – 1.
4. Разбрасыватель удобрений органических – 1.
5. Сеялка СЗУ – 3,6 – 1.
6. Дисковые бороны БДТ – 2, 5 – 1.
7. Плуги ПН-5-35 – 1.

Исследования [12, 13] доказывают, что после проведения таких мероприятий происходит формирование плодородного слоя почвы с помощью предложенных выше агротехнических приемов на протяжении четырёх лет.

ВЫВОДЫ

Осуществление рекультивированных работ зависит от решения совокупности задач, связанных с различными видами общественной деятельности [20]. Эту совокупность задач можно сгруппировать в три широких цикла:

1. Горный цикл направлен на совершенствование технологии горных работ в процессе эксплуатации месторождений полезных ископаемых, создание условий для последующего целевого использования возбуждаемых территорий с учетом требований охраны окружающей среды.

2. Биологический цикл (который детально на реальном объекте изложен выше) включает разработку мероприятий агротехники для специфических условий нарушенных территорий и регулирования грунтообразовательного процесса в зависимости от зональных особенностей местности. Сложность и важность этого цикла обуславливается тем, что горные породы и их смеси впервые в истории земледелия становятся объектом биологического освоения и использования.

3. Законодательно – правовой и организационно – руководящий цикл охватывает систему управления рекультивационных работ и расчленяется на землеустроительный, географический, социально – экономический и юридический аспекты, каждый из которых имеет специфические задачи, направленные на

подготовку научно обоснованных решений директивными органами.

Отечественный и зарубежный опыт показал, что успешная рекультивация с гармоничным сочетанием хозяйственной деятельности и природных закономерностей возможна только при комплексном подходе к ее проведению. Рекультивация земель как отрасль деятельности человека в нашей стране относится к сравнительно молодым. Разработанные проектом биологической рекультивации меры собственно направлены на охрану земельных ресурсов и окружающей среды, что позволит привлечь нарушенные земли в интенсивное сельскохозяйственное использование.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Galagan T.I. Ecologo-economic strategy of land management and protection of reкультивированных земель/ "Land management review" K. № 10 2013. 18–19.
2. Zemelnuy Kodeks Ukrainu vid 25.10.2001p. № 2768–III [Elektronui resyrs] // Vidomosti Verhovnoi Radu (VVR). – Rejum doctupu <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2768-14>.
3. Kasymov A.M. Promyshlennyj otkodu. Problemu i reshenia. Prodlemu I reshenuia. / A.M. Kasymov, V.T. Semenov, A.A. Romanovsky, Kharkovskaya natsionalna akademiya horodskoho hoziaistva. – H.: HNAHN, 2007. – 410.
4. Kravchuk V.I. Nauhno-pykladnye aspektu razvutia technico-tehnolohycheskyh reshenia v ahrobyotehnolohyyah. //MOTROL/ Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – 2013, Vol. 15, No.1, 81 – 86. Кравчук В.И.
5. Normativno-pravovi actu v sferi zemleustroy ta cadastry: electronic resource <http://www.geoguide.com.ua/basisdoc/basisdoc.php?part=land&art=4806>
6. Panas R.M. Terram reclamation: manual / Lviv: Noviy svit–2009. – 222.
7. Panas R.M. Monitorung vukoructania zemelnogo fondu Ukrainu za godu nezalegnosti/ Geodaesia, portus et aeria Photography: interdepartmental of technical scientia et / National University "Lviv Polytechnic" – Lviv– 2013., Issue 77. – S. 9 – 12.

ОРГАНИЗАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ РАБОТ ПРИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ

8. Pro derjavnui control za vukoructaniam ta ohoronou zemel: Zakon Ukrainu vid 19.06.2003 r. № 963 – 4 [electronic resource]: <http://www.rada.kiev.ua/zakon>.
9. Pro zagalnoderjavnu programu vukoructaniam ta ohoronou zemel: Zakon Ukrainu (proekt) [electronic resource]: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/JF2JY00A.html.
10. Pro zagalnoderjavnu programu formyvania nacionalnoi ekologichoi mereji Ukrainu na 2000–2015r: Zakon Ukrainu [electronic resource]: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/1989-14>.
11. Pro ohoronou zemel: Zakon Ukrainu vid 19.06.2003 r. // Regylyvania zemelnuhn vidnosun v Ukrainu ta Lvivskij region. – ch. 3. – 2003. – 226 – 251.
12. Pro ohoronou navkolushnogo seredovucsha: Zakon Ukrainu vid 26.06.91 r. № 1268–XII (1268–12) [electronic resource]: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1264-12>.
13. Proekt Konzhepcii stalogo rozvutku Ukrainu. – K.: RPSU Ukrainu NAN Ukrainu, 2001. – 15 s.
14. Komarov S.I. Informatsyonnoe obespechenye upravlenue zemelnumu resursamu v sfere nedropolzovanyya / Zemleustroystvo, cadastre, monitoring zemel. M.: «Panorama». – №6 (102).–2013.–20–25.
15. Suniakevys I. A. Strategia podolannia globalnux ekologishnux zagroz / I Suniakevys // Ekonomika Ukrainu – 2010. – № 12. – 69–77.
16. Sokhnych A.Y. Problemu vukoructaniam ta ohoronou zemel v umovax runkovoii ekonomiki: [monografia] / A.Y. Sokhnych. – Lviv: Ukr. texnologi, 2002. – 252.
17. Taras Y.M. Ytvorenia sirshanogo kareru ta suprovodguvalni problem v zoni dijalnosti Iavorivskogo derjavnogo girnusho–chimichogo pidpruemctva «Sirka» / zbirnik naukovotekhnichnuhn prac. – Lviv: PBB NLTY. – 2013. – vyp.23.2.– 154 – 158.
18. Tybylova L.M. Rekulytvatsyya narushenuh zemel s osnovamu marksheyderyy / Metoducheskue rekomendacui dlia vukonania laboratornyh rabot zemleustroytelnoho faculteta. – LNAU – Lvov – 2013–94.
19. Tybylova L.M. Rol rekulytvatsyi v vidnovleni prurodnux landshnaftiv / L.M.Tibilova O.O. Kostyshyn; redkol. : A.Y. Sokhnych (vidp.red) ta in. – Lvov : Areal, 2009. – 178 – 179.
20. Trigub A., Sharьbura A. Procesu upravlenia intehrovanumy proeknamu agrarnogo prouzvodstva //MOTROL/ Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 13D. 37 – 43. (механизмы обработки полей)

ORGANIZATION AND TECHNOLOGY OF ENGINEER WORKS OF LAND RECULTIVATION

Summary. The article describes the necessity of land recultivation, which is one of the effective ways around the solution of issues of rational use of land resources and environmental protection. Methods and practical experience of project development of additional soil mulching of territory and realization of agrotechnical measures of biological are supported by a specific example.

Key words: biological recultivation, agricultural use, earthworks, sandpit.

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ГИБРИДНОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ВОЗОБНОВЛЯЕМЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ

Валентин Солдатенко, Максим Кубкин, Лариса Вихрова
Кировоградский национальный технический университет, Украина
Valentin Soldatenko, Maxim Kubkin, Larisa Vichrova
Kirovograd National Technical University, Ukraine

Аннотация. В статье приведены имитационные модели элементов гибридной электроэнергетической системы, а также ее общая имитационная модель в среде Simulink. Предложенные модели дают возможность исследовать режимы работы гибридной электроэнергетической системы в течение заданных интервалов времени (сутки, месяц, год). Полученные результаты облегчают выбор оптимального состава оборудования и целесообразных режимов работы. Выполнено моделирование работы системы для суток.

Ключевые слова: имитационная модель, возобновляемые источники энергии, гибридная электроэнергетическая система.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Потребность человечества в энергии удовлетворяется в наше время, главным образом, путем использования ископаемого топлива (в основном природного газа, нефти и каменного угля), ядерного топлива и потенциальной энергии воды. Указанные источники энергии, кроме последнего, являются невозобновляемыми. Объемы использования обычного и ядерного топлива с каждым годом растут, следовательно, их запасы стремительно снижаются [1].

Сжигание обычных видов топлива приводит к загрязнению окружающей среды. Атомная энергетика также потенциально опасна. Гидравлическая энергия рек хоть и есть возобновляемой, но ее использование, особенно на равнинных реках, сопровождается огромными безвозвратными потерями земель сельскохозяйственного назначения (в Украине – это прекрасные черноземы).

Выходом из этого угрожающего положения может быть постепенный отказ от традиционных невозобновляемых источников энергии в пользу

возобновляемых источников – энергии солнечного излучения, ветровой энергии, химической энергии возобновляемых углеводородных материалов, таких как древесина, опавшие листья, промышленные и бытовые отходы, которые содержат в себе горючие составляющие, и какими можно воспользоваться как сырьем для производства, например, биогаза.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

«Энергетической стратегией Украины до 2030 года» [2] в перспективе предусмотрено значительное увеличение части возобновляемых источников энергии в энергетическом балансе Украины.

Однако, существенными особенностями использования возобновляемых источников энергии является малая плотность потока энергии, непостоянство во времени ее поступления (сезонная, суточная или часовая неравномерность) [3 – 7].

Поэтому во всем мире идет научный поиск в направлении создания систем электроснабжения с использованием нескольких разнородных источников электрической энергии, систем аккумулирования и резервного электропитания [4, 5, 7 – 11] – гибридных электроэнергетических систем.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Таким образом, актуальной задачей является выбор метода синтеза гибридных электроэнергетических систем и анализ их работы. Учитывая широкое разнообразие оборудования установок возобновляемой энергетики (ветрогенераторы, фотоэлектрические батареи, аккумуляторы и пр.), можно разработать множество систем разнообразных по составу и мощности

источников. Особый интерес вызывает динамика работы таких энергосистем.

Нами предлагается разработка общей имитационной модели гибридной электроэнергетической системы с возобновляемыми источниками для возможности моделирования и анализа ее работы.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Рассмотрим гибридную электроэнергетическую систему в составе фотоэлектрической батареи (ФЭБ), ветроэлектрической установки (ВЭУ), аккумуляторной батареи (АКБ), дизель-генератора (ДГ), преобразователя электрической энергии (ПЭЭ) и электрической нагрузки (ЭН), которые подключаются к шинам переменного (АС) и постоянного (DC) тока – рис. 1.

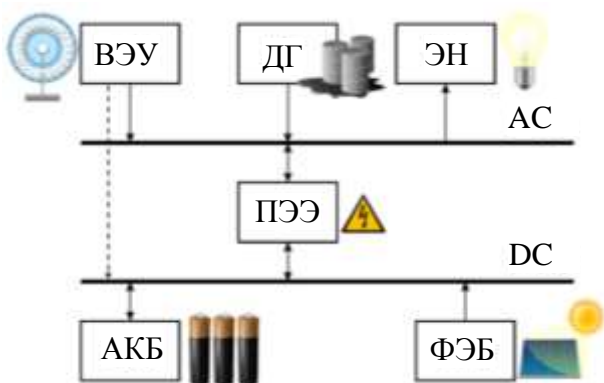


Рис. 1. Структурная схема гибридной энергосистемы

Fig. 1. Structural diagram of the hybrid power system

Приведем модели элементов системы.

Математическая модель фотоэлектрической батареи. Мощность ФЭБ при стандартных условиях (плотность потока солнечного излучения $I_{cy} = 1 \text{ кВт/м}^2$, температура поверхности ФЭБ $\vartheta_{\text{ФЭБ}} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$) называется *номинальной мощностью*. Выходная мощность ФЭБ при другой плотности потока солнечного излучения $\bar{I}_\beta(t)$ будет пропорциональна последней [6]:

$$\bar{P}_{\text{ФЭБ}}(t) = P_{\text{ФЭБном}} \frac{\bar{I}_\beta(t)}{I_{cy}}, \quad (1)$$

где: $P_{\text{ФЭБ}}(t)$ – среднечасовая выходная мощность ФЭБ;

$P_{\text{ФЭБном}}$ – номинальная мощность ФЭБ при стандартных условиях;

$I_\beta(t)$ – среднее значение плотности потока солнечного излучения, которое попадает на поверхность ФЭБ за часовой интервал;

I_{cy} – плотность потока солнечного излучения, которое попадает на поверхность ФЭБ при стандартных условиях.

Потери мощности в элементах ФЭБ учитываются коэффициентом снижения эффективности $k_{\text{с.е.}}$ [12]. Таким образом, окончательная математическая модель ФЭБ будет:

$$\bar{P}_{\text{ФЭБ}}(t) = k_{\text{с.е.}} P_{\text{ФЭБном}} \frac{\bar{I}_\beta(t)}{I_{cy}}. \quad (2)$$

В модели (2) не учтено влияние температуры окружающей среды на выходную мощность ФЭБ.

На рис. 2 приведена имитационная модель ФЭБ в среде Simulink согласно (2).

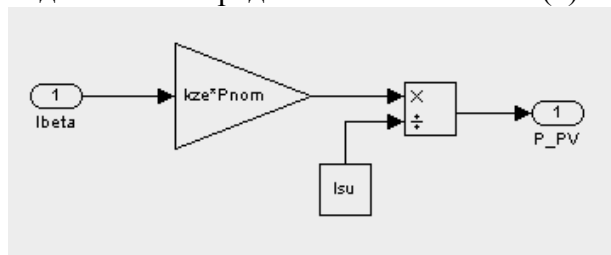


Рис. 2. Имитационная модель ФЭБ

Fig. 2. Simulation model of photoelectric batteries

Математическая модель ветроэлектрической установки.

Мощность, которая отдается ВЭУ в сеть, зависит от скорости ветра, высоты мачты, на которой установлен генератор и выходной характеристики генератора [7]. Так как скорость воздуха у поверхности земли зависит от высоты, а мощность, которая отдается ВЭУ, зависит от куба скорости движения воздушных масс, высота мачты существенно влияет на выходную мощность. При расчете выходной мощности ВЭУ данные измерения среднечасовой скорости ветра необходимо привести к высоте установки ветрогенератора.

Наиболее часто для пересчета скорости воздуха с высоты установки анемометра на заданную высоту (высоту установки ветрогенератора) используют следующие законы:

а) логарифмический:

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ГИБРИДНОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ВОЗОБНОВЛЯЕМЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ

$$u_h = u_{\text{анем}} \frac{\ln \frac{h}{z_0}}{\ln \frac{h_{\text{анем}}}{z_0}}, \quad (3)$$

где: u_h – скорость воздуха на высоте h ;
 $u_{\text{анем}}$ – скорость воздуха на высоте установки анемометра $h_{\text{анем}}$; z_0 – параметр неравномерности поверхности земли (табл. 1).

Таблица 1. Параметры неравномерности поверхности земли [13]

Tabel 1. Parameter uneven ground

| Характер поверхности | z_0 , М |
|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Открытая вода; гладкий лед | $10^{-6} - 10^{-4}$ |
| Снег; равнина без растительности | $2 \cdot 10^{-4} - 5 \cdot 10^{-3}$ |
| Открытая равнина, трава высотой 0,2 м; небольшое количество отдельных преград | 0,01 – 0,03 |
| Низкие посевы; трава 0,25 – 1 м; отдельные большие преграды | 0,04 – 0,1 |
| Высокие посевы; рассредоточенные преграды: $15 \leq x/h < 20$ | 0,25 |
| Парковая зона, кусты, большое количество преград: $x/h \approx 10$ | 0,5 |
| Однородные большие преграды: $x/h \ll 10$ (лес, пригород с низкими строениями) | 0,03 |
| Поля, засеянные зерновыми | 0,5 – 5,0 |
| Центр города с высокими и низкими строениями | 1,0 – 6,0 |

h — высота преграды, x — расстояние между ними.

б) потенциальный:

$$u_h = u_{\text{анем}} \left(\frac{h}{h_{\text{анем}}} \right)^\alpha, \quad (4)$$

где: α — показатель степени, зависит от неравномерности поверхности земли (табл. 2).

Таблица 2. Значение коэффициента α в зависимости от неровности поверхности [8]

Tabel 2. The coefficient α depending on uneven surfaces

| Характер поверхности | α |
|------------------------------------------------------------|----------|
| Море, озеро, ровный грунт | 0,10 |
| Низкая трава на ровной поверхности земли | 0,15 |
| Высокие зернове, живая изгородь, кусты | 0,20 |
| Лесистая сельская местность с большим количеством деревьев | 0,25 |
| Небольшой город с небольшим количеством деревьев и кустов | 0,30 |
| Городская территория с высокими строениями | 0,40 |

Обычно выходная характеристика мощности ВЭУ задается парами экспериментальных точек ($u, P_{\text{ВЭУ су}}$). Для нахождения значений мощности в промежуточных точках используется интерполяция.

Имитационная модель ВЭУ, приведена на рис. 3. В качестве интерполятора выходной характеристики использован блок кусочно-линейной интерполяции.

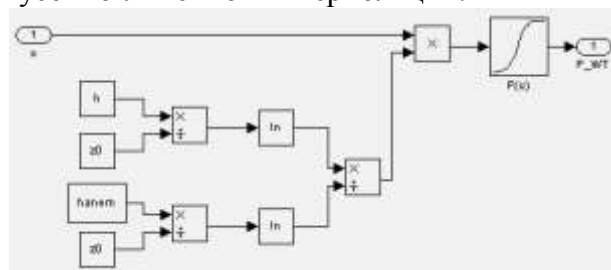


Рис. 3. Имитационная модель ВЭУ

Fig. 3 Simulation model of wind power plant

Математическая модель аккумуляторной батареи. Уравнение динамики аккумуляторной батареи (АБ) в конечных приращениях [14] имеет вид:

$$g_{\text{АБ}}(t + \Delta t) = g_{\text{АБ}}(t)(1 - \sigma \Delta t) + [P_{\text{зар}}(t)\eta_{\text{зар}} - P_{\text{разр}}(t)\eta_{\text{разр}}] \Delta t, \quad (5)$$

где: $g_{\text{АБ}}$ – заряд АБ; σ – коэффициент саморазряда; $P_{\text{зар}}(t)$, $P_{\text{разр}}(t)$ — мощности заряда и разряда соответственно; $\eta_{\text{зар}}$, $\eta_{\text{разр}}$ — КПД заряда и разряда соответственно; Δt – шаг времени.

Примем $\eta_{\text{зар}} = \eta_{\text{разр}} = \eta_s$ и, вводя обозначение $P_{\Delta}(t) = P_{\text{зар}}(t) - P_{\text{разр}}(t)$, получим:

$$g_{AB}(t + \Delta t) = g_{AB}(t)(1 - \sigma \Delta t) + P_{\Delta}(t)\eta_s \Delta t. \quad (6)$$

В (6) величина $P_{\Delta}(t)$ будет положительной при заряде и отрицательной при разряде.

Выполнив в (6) граничный переход и преобразования, получим уравнение динамики АБ в дифференциальной форме:

$$\frac{d}{dt} g_{AB}(t) = -g_{AB}(t)\sigma + P_{\Delta}(t)\eta_s. \quad (7)$$

Применив к (7) преобразование Лапласа, получим уравнение динамики АБ в операторной форме:

$$s g_{AB}(s) = -g_{AB}(s)\sigma + P_{\Delta}(s)\eta_s.$$

Откуда можно определить передаточную функцию АБ:

$$W_{AB}(s) = \frac{P_{\Delta}(s)}{g_{AB}(s)} = \frac{\eta_s}{s + \sigma} = \eta_s \frac{1}{1 + \sigma \frac{1}{s}}. \quad (8)$$

Уравнению (8) будет соответствовать структурная схема, приведенная на рис. 4.

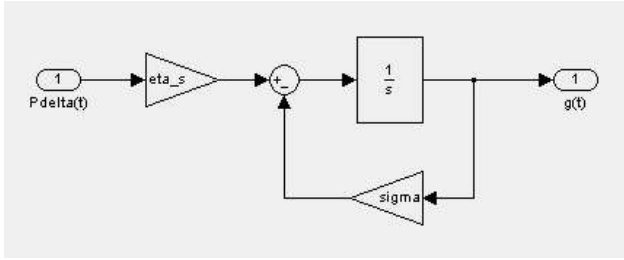


Рис. 4. Имитационная модель

идеализированной аккумуляторной батареи
Fig. 4 Simulation model of an idealized storage battery

Так как АБ имеет начальный заряд g_0 , а на режим работы накладываются ограничения на уровень заряда (ограничениями на ток заряда/разряда пренебрегаем):

$$g_{AB \min} \leq g_{AB}(t) \leq g_{AB \max}, \quad (9)$$

где: g_{\min} – минимальный уровень заряда АБ, нормируемый производителем; g_{\max} – максимальный уровень заряда АБ; то окончательно структурная схема имитационной модели АБ будет соответствовать рис. 5, где интегратор заменен на интегратор с насыщением (верхний предел кривой насыщения соответствует уровню g_{\max} , нижняя — g_{\min}) и введена постоянная интегрирования g_0 .

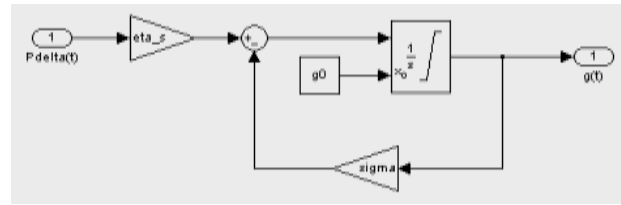


Рис. 5. Имитационная модель аккумуляторной батареи

Fig. 5 Simulation model of storage battery

Математическая модель дизель-генератора. При моделировании работы генератора электрической энергии с дизель-генератором (ДГ) наиболее важными параметрами модели есть:

- а) кривая расхода топлива;
- б) общий расход топлива $m(P_{ДГ})$;
- в) КПД дизель-генератора $\eta_{ДГ}$.

Как правило в технических данных на ДГ с генератором приводятся:

- а) номинальная мощность ДГ $P_{ДГ \text{ном}}$, кВт;
- б) часовой расход топлива при 25%, 50 %, 75 % и 100 % нагрузке соответственно $m_{25\%}$, $m_{50\%}$, $m_{75\%}$ и $m_{100\%}$, л/час.

Для возможности определения расхода топлива при других загрузках по координатам четырех точек можно путем аппроксимации подобрать параболическую функцию, которая будет проходить через эти точки:

$$m(P_{ДГ}) = m_0 + m_1 \left(\frac{P_{ДГ}}{P_{ДГ \text{ном}}} \right) + m_2 \left(\frac{P_{ДГ}}{P_{ДГ \text{ном}}} \right)^2, \quad (10)$$

где: m – часовой расход топлива;
 m_2, m_1, m_0 – коэффициенты аппроксимации;
 $P_{ДГ}$ – текущая нагрузка генератора;
 $P_{ДГ \text{ном}}$ – номинальная мощность генератора.

Основной характеристикой дизель-генератора является коэффициент полезного действия, для определения которого можно воспользоваться формулой, которая предложена в [9]:

$$\eta_{ДГ} = \frac{P_{ДГ}}{Q \cdot m} \cdot 100\%, \quad (11)$$

где: $\eta_{ДГ}$ – КПД генератора;
 $P_{ДГ}$ – мощность ДГ; Q – теплота сгорания топлива (для дизельного топлива – 10,08 кВт·ч/л, для бензина – 9,43 кВт·ч/л);
 m – расход топлива.

С учетом изложенного предложена модель дизель-генератора, которая

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ГИБРИДНОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ВОЗОБНОВЛЯЕМЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ

приведена на рис. 6. Для определения расхода топлива за весь период работы ДГ в модели используется интегратор.

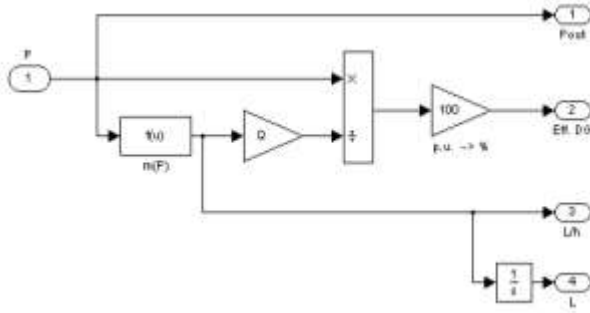


Рис. 6. Имитационная модель дизель-генератора

Fig. 6 Simulation model of a diesel generator

Стратегия управления зарядом аккумуляторной батареи и работой дизель-генератора. Мощность, которая поступает в АБ или отбирается от нее, определяется разницей мощностей источников энергии (ФЭБ и ВЭУ) и мощностью потребления [15]:

$$\Delta P(t) = [P_{\text{ФЭБ}}(t) + P_{\text{ВЭУ}}(t)] - P_{\text{потр}}(t), \quad (12)$$

где: $P_{\text{ФЭБ}}(t)$, $P_{\text{ВЭУ}}(t)$ – текущие мощности ФЭБ и ВЭУ соответственно;

$P_{\text{потр}}(t)$ – текущая мощность потребления.

Очевидно, что ΔP будет принимать как положительные значения (мощность источников энергии больше мощности потребления — *избыток* энергии) так и отрицательные (мощность потребления больше располагаемой мощности источников энергии – *дефицит* энергии). В первом случае избыток энергии необходимо аккумулировать, в другом – дефицит энергии необходимо компенсировать за счет аккумулятора, а если он разряжен – за счет ДГ. Так как на степень заряда АБ накладываются ограничения (9), то мощность, которую он принимает/отдает, будет определяться следующим образом:

$$P_{\text{АБ}}(t) = \begin{cases} \Delta P(t), & g_{\text{АБ min}} - g_{\text{АБ}}(t) \leq \Delta P(t)\Delta t \leq g_{\text{АБ max}} - g_{\text{АБ}}(t); \\ \frac{1}{\Delta t} [g_{\text{АБ max}} - g_{\text{АБ}}(t)], & \Delta P(t)\Delta t > g_{\text{АБ max}} - g_{\text{АБ}}(t); \\ \frac{1}{\Delta t} [g_{\text{АБ min}} - g_{\text{АБ}}(t)], & \Delta P(t)\Delta t < g_{\text{АБ min}} - g_{\text{АБ}}(t). \end{cases} \quad (13)$$

Избыток потока энергии, который не может быть накоплен в АБ (при $g_{\text{АБ}}(t) = g_{\text{АБ max}}$):

$$P_{\text{excess}}(t) = \Delta P(t) - P_{\text{АБ}}(t). \quad (14)$$

Дефицит мощности, который не может компенсировать АБ (при $g_{\text{АБ}}(t) = g_{\text{АБ min}}$):

$$P_{\text{unmet}}(t) = |\Delta P(t) - P_{\text{АБ}}(t)|. \quad (15)$$

По сути $P_{\text{unmet}}(t)$ будет являться мощностью, которую обеспечивает ДГ.

Учитывая изложенное, имитационная модель, которая реализует алгоритм управления (13), (14), (15) приведена на рис. 7.

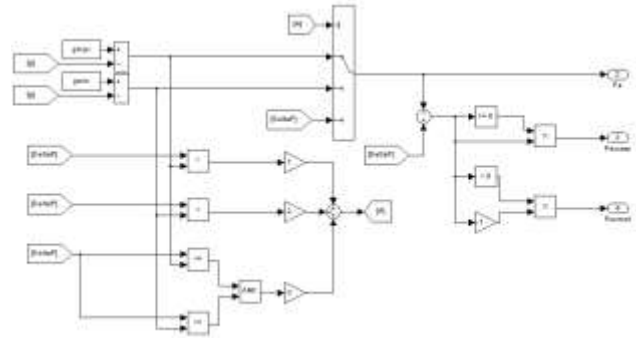


Рис. 7. Имитационная модель алгоритма управления аккумуляторной батареей и дизель-генератором

Fig. 7 Simulation model of the control algorithm storage battery and diesel generator

Имитационная модель гибридной электроэнергетической системы. На рис. 8 приведена имитационная модель гибридной электроэнергетической системы рис. 1. При построении модели в среде Simulink пренебрегли потерями в инверторе/выпрямителе. Для нахождения количества электроэнергии, которая генерировалась и потреблялась элементами энергосистемы, использовались блоки интеграторов. Параметры имитационной модели заданы в табл. 3.

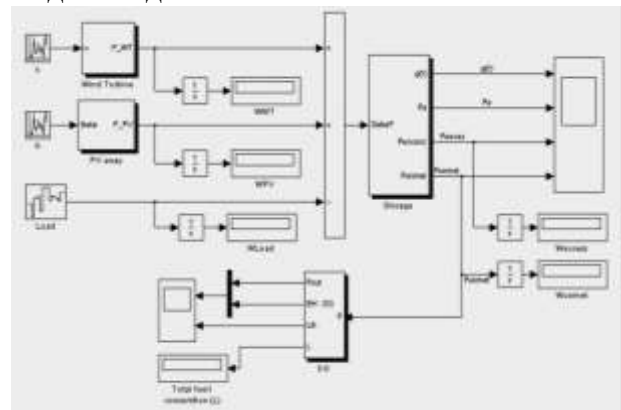


Рис. 8. Имитационная модель гибридной энергосистемы в среде Simulink

Fig. 8 Simulation model of a hybrid power system in the Simulink environment

Таблица 3. Параметры элементов модели в среде Simulink
 Tabel 3. The model elements parameters

| Параметр | Значение |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Фотоэлектрическая батарея | |
| $k_{с.е.}$ | 0,9 |
| $P_{ФЭБ\ ном}$ | 2000 Вт |
| $I_{су}$ | 1000 Вт/м ² |
| Ветроэлектрическая установка | |
| $P_{ВЭУ\ ном}$ | 10000 Вт |
| h | 10 м |
| $h_{анем}$ | 13 м |
| z_0 | 0,5 |
| Аккумуляторная батарея | |
| η_s | 1 |
| σ | 0,002 с ⁻¹ |
| g_{max} | 25000 Вт·ч |
| g_0 | 20000 Вт·ч |
| g_{min} | 10000 Вт·ч |
| Дизель-генератор | |
| Q | 9430 Вт·ч/л |
| $m(P_{дг})$ | $0,25 \cdot 10^{-3} \cdot P_{дг} + 0,008 \cdot 10^{-3}$ |

Для моделирования были заданы суточные графики средней скорости ветра, интенсивности солнечного излучения (рис. 9) и график нагрузки (рис. 10).

Моделирование проводилось для одних суток с шагом времени $\Delta t = 1$ ч, результаты моделирования представлены на рис. 10.

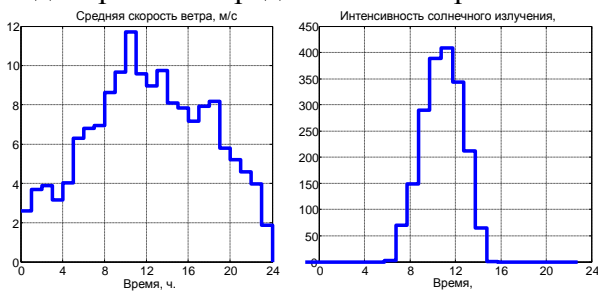


Рис. 9. Суточные графики средней скорости ветра и интенсивности солнечного излучения
 Fig. 9. Daily schedules mean wind speed and solar radiation intensity

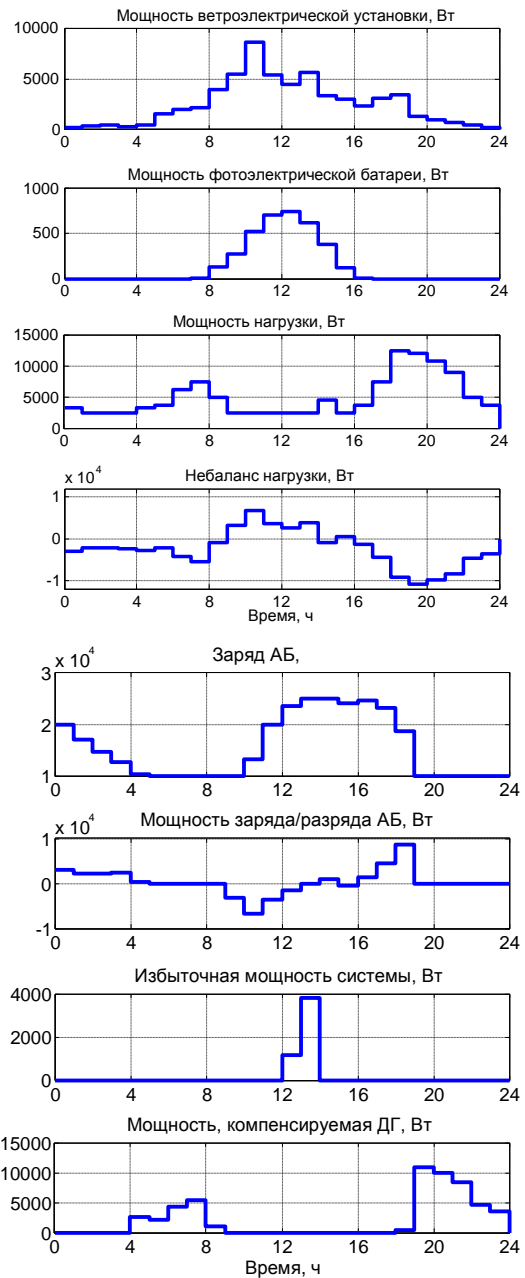


Рис. 10. Результаты моделирования суточной работы гибридной системы
 Fig. 10 The simulation results of daily hybrid power system
ВЫВОДЫ

1. Путем моделирования было установлено, что нагрузкой было потреблено 119950 Вт·ч электроэнергии, источниками энергии было выработано следующее количество электроэнергии: фотоэлектрической батарей – 3468,28 Вт·ч, ветроэнергетической установкой – 58827,86 Вт·час, от дано аккумулятором – 25593 Вт·ч, запасено аккумулятором – 15593 Вт·ч.

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ГИБРИДНОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ВОЗОБНОВЛЯЕМЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ

2. За сутки избыток энергии составляет – 5018,69 Вт·ч, дефицит энергии – 52672,56 Вт·ч, суточный расход топлива составляет 13,17 л.

3. Из результатов моделирования видно, что доля возобновляемой энергии в энергопотреблении при заданных параметрах модели составляет 51,94 %, доля потребленной энергии от аккумулятора – 8,33 %, доля энергии, что покрывается дизель–генератором – 43,91 %, избыток энергии, который не потреблен и не запасен в аккумуляторе – 4,18 %.

4. Таким образом в работе были разработаны модели отдельных элементов в среде Simulink и общая имитационная модель гибридной электроэнергетической системы с возобновляемыми источниками энергии, которая позволяет моделировать режимы работы предложенной энергосистемы на протяжении года для каждого часа суток.

5. Было проведено моделирование работы гибридной электроэнергетической системы для одних суток. Полученные результаты дают возможность наглядно оценить режимы работы отдельных составляющих системы, а также определить объемы потребления нагрузкой и генерации источниками.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Polishchuk V. Iskopaemye toplivno–e'nergeticheskie resursy / V. Polishchuk, V. Mironenko, S. Tarasenko // MOTROL. Comission of motorization and energetics in agriculture. – Lublin – Kiev – Simferopol – Mykolayiv – Lviv – Rzeszow, 2012. Vol. 14, № 3. 126 – 139.
2. Enerhetychna stratehiia Ukrainy na period do 2030 roku. [Elektronnyi resurs]. Rezhym dostupu: <http://search.ligazakon.ua>.
3. Neischerpaemaya e'nergiya. Kn. 2. Vetroe'nergetika / V.S. Krivcov, A.M. Olejnikov, A. I. YAkovlev. – Har'kov: Nac. ae'rokosm. un – t «Har'k. aviac. in-t», Sevastopol': Sevast. nac. tehn. un–t, 2004. — 519.
4. Neischerpaemaya e'nergiya. Kn. 3. Al'ternativnaya e'nergetika / V.S. Krivcov,

A.M. Olejnikov, A.I. YAkovlev. – Uchebnik. – Har'kov: Nac. ae'rokosm. un-t «Har'k. aviac. in-t», Sevastopol': Sevast. nac. tehn. un–t, 2007. – 643.

5. Bekirov E'. Optimizaciya rezhimov raspredeleniya nagruzki v sovmeshchennoj sisteme s vozobnovlyaemymi istochnikami e'nergii / E'. Bekirov, K. Strizhakov // MOTROL. Comission of motorization and energetics in agriculture. – Lublin – Rzeszow, 2012. Vol. 14, №1. 146 –150.

6. Bedescu V. Modeling Solar Radiation at the Earth's Surface Recent Advances. – Springer, Bucharest, 2008 – 580.

7. Duffie J. Solar engineering of thermal processes / J. Duffie, W. Beckman. – John Wiley & Sons, Inc, New York – 1980.

8. Patel R. Wind and Solar Power System / R. Patel, R. Mukund – CRC Press, 1999. – 350.

9. Muselli M. Desing of hybrid-photovoltaic power generation, with optimization of energy management / M Muselli // Solar Energy/ – 1999. – Vol. 65. – №3. – 143 – 157.

10. Sabirzianov T.H., Plieshkov P.H., Kubkin M.V., Soldatenkov V.P., Martynenko V.V. Shliakhy udoskonalennia system enerhopostachannia // Zbirnyk naukovykh prats KNTU (Tekhnika v silskohospodarskomu vyrobnytstvi, haluzeve mashynobuduvannia, avtomatyziatsiia) – Vypusk 25. Ch. 1. – Kirovohrad: KNTU, 2012 – 161 – 166.

11. Sabirzianov T.H. Vybir systemy elektropostachannia z vidnovliuvalnymy dzherelamy enerhii. /T.H. Sabirzianov, M.V. Kubkin, V.P. Soldatenko // Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva im. P. Vasylenka. Tekhnichni nauky. Vypusk 17 «Problemy enerhozabezpechennia ta enerhozberezhennia v APK Ukrainy». – Kharkiv: KhNTUSH, 2011. – 17–19.

12. Sabirzianov T.H., Sirikov O.I, Kubkin M.V., Soldatenkov V.P. Alhorytm vyznachennia hustyny potoku soniachnoho vyprominiuvannia na dovilno–oriantovanu poverkhniu // Zbirnyk naukovykh prats KNTU (Tekhnika v silskohospodarskomu vyrobnytstvi, haluzeve mashynobuduvannia, avtomatyziatsiia) – Vypusk 25. Ch. 1. – Kirovohrad: KNTU, 2012 – 303–312.

13. Atmosfera. Spravochnik. – L.: – Vypusk 25. Ch. 2. – Kirovohrad: KNTU, 2012
Gidrometeoizdat, 1991 – 510. – 192 – 202.
14. Sabirzianov T. H. Uzahalnena matematychna model nakopychuvacha enerhii. / T.H. Sabirzianov, M.V. Kubkin, V.P. Soldatenko, V.V. Martynenko // Zbirnyk naukovykh prats Kirovohradskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu «Tekhnika v silskohospodarskomu vyrobnytstvi, haluzeve mashynobuduvannia, avtomatyzatsiia». Vypusk 25, chast. I. – Kirovohrad: RVL KNTU, 2012. – 145–150.
15. Kubkin M.V., Soldatenko V.P. Imitatsiina model kombinovanoi elektroenerhetychnoi systemy z vidnovliuvalnymy dzherelamy enerhii // Zbirnyk naukovykh prats KNTU (Tekhnika v silskohospodarskomu vyrobnytstvi, haluzeve mashynobuduvannia, avtomatyzatsiia)

IMITATION MODEL OF THE HYBRID POWER SYSTEM BASED ON RENEWABLE ENERGIES

Summary. The article provides the imitation model of the elements of hybrid power system as well as its general imitation model in Simulink. The introduced model gives the opportunity to study the operating conditions of the hybrid power system during certain periods of time (day, month and year). The obtained results make a choice of the optimal equipment and expedient operating conditions much easier.

Key words: simulation model, renewable energy, hybrid electric power system.

ФОРМАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ ПОДСИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТОИМОСТЬЮ ПРОЕКТОВ ПО ОПТИМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТРУКТУР ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА УКРАИНЫ

Александр Олифер

Львовский национальный аграрный университет, Украина

Alexander Olifer

LvivNational Agrarian University, Ukraine

Аннотация. В статье представлен анализ модели подсистемы управления стоимостью инновационных проектов по оптимизации производственных структур предприятий лесного хозяйства Украины. На основании этого произведена математическая постановка задачи для управления стоимостью указанных проектов.

Формализация модели подсистемы управления стоимостью инновационных проектов по оптимизации производственных структур предприятий лесного хозяйства дает возможность управлять этой категорией и определять оптимальный ее вариант, в зависимости от входных параметров и воздействия факторов проектной среды.

Ключевые слова: лесное хозяйство, производственная структура, подсистема, модель, стоимость проекта, управление проектом.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В современных условиях развития Украины ее промышленность, сельское и лесное хозяйство остро нуждаются в модернизации. Необходимы новые идеи, инновационные проекты и программы, направленные на совершенствование и повышение эффективности производства в этих отраслях.

Дальнейшее развитие лесного хозяйства в Украине возможно не только благодаря внедрению в государственных лесхозах современных технологий, машин и оборудования высокого технического уровня, но и за счет повышения компетентности управления проектами по реструктуризации и обновлению этих предприятий.

Одной из важных проблем в этой области является несовершенство производственных структур предприятий лесного хозяйства –

государственных лесхозов. Внедрение инновационных проектов по оптимизации производственных структур (ПОПС) предприятий лесного хозяйства (ПЛХ) требует обоснованного бюджета и действенного плана каждого проекта, а также их четкого соблюдения.

Одним из методов достижения этого является разработка и апробация моделей подсистемы управления стоимостью инновационных ПОПС лесхозов.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Теоретические основы управления стоимостью в проектах присутствуют в общей методологии управления проектами и программами, которая разработана и продолжает совершенствоваться трудами многих ученых, таких как Х. Танака, В. Бурков, В. Воропаев, А. Кочетков, С. Бушуев, В. Рач и многие другие [1–7]. Например, невозможно представить себе процесс управления стоимостью без управления временем или без управления закупками или без управления рисками. Кроме существующих связей между перечисленными факторами проекта следует рассматривать также влияние внешней среды проекта на его отдельные составляющие и последствия этого влияния на стоимость выполнения проекта. Этим занимаются в своих предметных отраслях многие исследователи, такие как Ю. Тесля [8], И. Кононенко [9], В. Сидорчук [10], Рыбак [11], К. Кошкин [12], В. Гогунский [13], Дружинин [14], Ю. Рак [15].

Теоретическим вопросам управления проектами в аграрной отрасли посвящены труды А. Сидорчука [10] И. Флыса [16–18], А. Тригубы и А. Шарибурсы [19] и многих других.

Известные исследователи, например [20–23], в своих научных работах уделяют значительное внимание прикладному применению методологии и инструментария проектного менеджмента в различных областях производственной деятельности.

Однако, вопросы управления стоимостью проектов в отрасли лесного хозяйства рассмотрены в теоретическом плане, на наш взгляд, еще не достаточно полно.

Если рассматривать управление проектами как систему, то управление стоимостью в проекте следует рассматривать как подсистему. В данной работе речь пойдет о подсистеме управления стоимостью (ПУС) инновационных проектов по оптимизации производственных структур ПЛХ, точнее о модели ПУС.

Для эффективного управления ПУС необходима математическая ее формализация, что, несомненно, является актуальной научной задачей.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Целью данного исследования является анализ разработанной нами модели подсистемы управления стоимостью в инновационных проектах по оптимизации производственных структур предприятий лесного хозяйства с последующей математической постановкой задачи и формализацией упомянутой модели.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Управление стоимостью любого проекта, независимо от его сложности, является процессом взаимодействия многих элементов, которые характеризуются большим количеством параметров. Процессы управления стоимостью, является подсистемой, которая входит в систему управления проектом. Такая подсистема находится под влиянием внешней и внутренней среды проекта, имеет определенные свойства, закономерности поведения и связи с другими подсистемами. Реализация таких связей является проявлением влияния взаимодействия подсистем. Путем объединения всех элементов, которые характеризуют работу

подсистемы управления стоимостью в определенные группы.

В реальных условиях процессы управления стоимостью постоянно сталкиваются с возникновением ситуаций риска и неопределенности. Таким образом, принятие управленческих решений в условиях риска характеризуется наличием одного из множества определенных результатов, вероятность появления которых известна. Если эти вероятности не известны или не могут быть оценены количественно, то речь пойдет о принятии управленческих решений в условиях неопределенности [21].

Во время выполнения проекта его стоимость может меняться постоянно под воздействием рисков и ситуаций неопределенности. Исходя из этого, процессы управления стоимостью каждого ПОПС ПЛХ являются стохастическими.

Подсистему управления стоимостью в инновационных проектах по оптимизации производственных структур ПЛХ представим в виде такой модели (рис. 1).

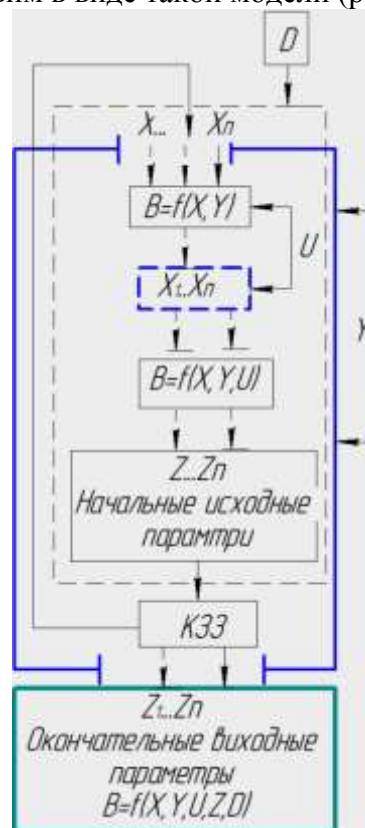


Рис. 1. Концептуальная модель подсистемы управления стоимостью в инновационных ПОПС ПЛХ

Fig. 1. Conceptual model of value management subsystem of innovative POPS of forestry

ФОРМАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ ПОДСИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТОИМОСТЬЮ ПРОЕКТОВ ПО ОПТИМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТРУКТУР ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА УКРАИНЫ

В модели ПУС проекта имеются: начальные входные параметры подсистемы X , скорректированные входные параметры функции XI , начальные выходные параметры функции Z , окончательные выходные параметры подсистемы ZI , управляющие воздействия U , корректирующие действия D , а также факторы проектной среды Y , которые влияют на работу ПУС.

Параметры Y имеют вероятностный характер, то есть – они являются теми рисками, которые возникают во время реализации проекта. Эти параметры также следует идентифицировать как входные, но их поведение может меняться во время выполнения проекта, поэтому значение этих параметров невозможно определить заранее. Характер влияния факторов проектной среды Y можно задать функцией вероятностей распределения значений этих параметров, а это дает основания говорить, что в проекте существуют внутренние и внешние риски.

К внутренним рискам относится влияние изменений, возникающих при реализации ПОПС в ПЛХ, например, изменение технологической последовательности некоторых работ, отказ оборудования или сбой в работе службы снабжения и т.п.

Примером внешних рисков могут служить непредсказуемые изменения в законодательстве, например, в налогообложении, повышение цен на ресурсы, материалы, услуги, инфляция и другие, частичное изменение целей проекта или изменение стоимости контрактов, что вызвано турбулентностью внешней среды.

Для математической постановки задачи управления стоимостью ПОПС ПЛХ возникает потребность в формализации процессов управления стоимостью.

Учитывая кумулятивное влияние факторов внешней и внутренней среды на реализацию инновационных проектов по оптимизации производственной структуры предприятий лесного хозяйства, путем объединения всех элементов, характеризующих это влияние в определенные группы, функцию подсистемы

управления стоимостью ПОПС можем записать в следующем виде:

$$B = f(X, Y, Z, U, D), \quad (1)$$

где: B – стоимость проекта; X – начальные входные параметры стоимости проекта; XI – скорректированы входные параметры стоимости проекта; Z – исходные параметры стоимости проекта; U – управляющие воздействия; D – корректирующие действия.

При такой математической постановке задачи, возникает необходимость рассмотреть каждый из перечисленных элементов в отдельности, поскольку они имеют много параметров и сложные связи. Кроме того, их поведение меняется в течение жизненного цикла проекта, как под влиянием внутренних и внешних факторов, так и в результате взаимодействия этих элементов между собой.

Все параметры, которые можно отнести к входным параметрам подсистемы, условно подразделяем на: начальные входные параметры X и скорректированы входные параметры XI . Таким образом, все начальные входные параметры - обозначаем X :

$$x = \{x \mid l = \overline{1, \zeta}\}, \quad (2)$$

где: x – входные параметры подсистемы; ζ – общее количество входных параметров ПУС.

Все вероятные внешние параметры, к которым относятся внутренние и внешние риски, представим в виде множества

$$Y = \{y_e \mid e = \overline{1, \phi}\}, \quad (3)$$

где: y_e – вероятны входные параметры проектной среды; ϕ – общее количество вероятных входных параметров.

Кроме того, существуют еще параметры функции коммуникативной обратной связи (КОС), которые являются исходными параметрами блока КОС подсистемы и поступают на вход ПУС как окончательные входные параметры. Они уже не совсем являются изначальными, поскольку обработанные блоком КОС и еще раз переданы на вход для дальнейшей обработки данных в ПУС. Процесс повторяется до тех пор, пока не будут получены необходимые характеристики параметров на выходе из модели ПУС.

Работу подсистемы управления стоимостью характеризует множество исходных параметров Z :

$$Z = \{z_v \mid v = \overline{1, v}\}, \quad (4)$$

где: z_v – исходные параметры функции ПУС; v – количество исходных параметров функции.

К исходным параметрам (функция Z) ПУС в ПОПС относим: план управления стоимостью, расхождения с планом, фактическую стоимость выполненных работ, отклонения в стоимости, скорректированные сметы, освоенный объем, оценку стоимости до завершения проекта, прогноз стоимости после завершения проекта, процент выполнения работ проекта, процент работ, оставшийся к исполнению для завершения проекта и др. Каждый из этих параметров используется на соответствующих этапах анализа стоимости проекта с помощью модели ПУС.

Кроме выходных параметров Z существуют еще окончательные исходные параметры подсистемы Z_I , как конечные результаты работы ПУС:

$$Z_I = \{z_I \mid \zeta = \overline{1, \theta}\}, \quad (5)$$

где: z_I – окончательные исходные параметры подсистемы; θ – количество окончательных выходных параметров ПУС.

К элементам множества Z_I относим: фактическую сметную стоимость работ проекта, фактическую стоимость проекта, а также скорректированный окончательный бюджет проекта.

Управляющие воздействия U характеризуют работу менеджеров проекта и представляют собой множество управленческих действий.

$$U = \{U_\omega \mid \omega = \overline{1, \vartheta}\}, \quad (6)$$

где: U_ω – управляющие воздействия в проекте; ϑ – общее количество управляющих действий.

Элементы множества U является реакцией на неблагоприятные события (риски). Управляющие воздействия, как и вероятные входные параметры, появляются на стадии реализации проекта. Таким образом, при применении управляющих воздействий, которые могут иметь место на фазе реализации проекта (execution),

исходные параметры функции подаются на вход до тех пор, пока функция не будет реализована согласно всем условиям и ограничениям проекта, т.е. имеет место реализация коммуникативной обратной связи КОС. Пример интенсивности применения блока КОС в ПУС проекта в течение его жизненного цикла представлены на рис. 2.

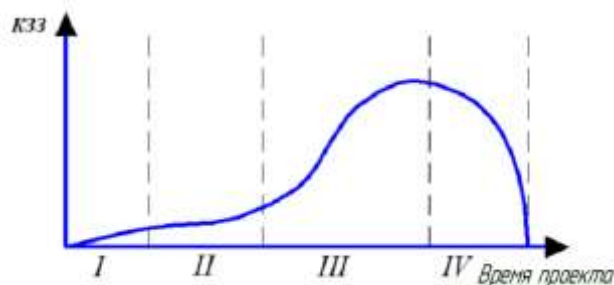


Рис. 2. Фазы жизненного цикла проекта: I – фаза инициализации (feasibility study); II – фаза разработки проекта и планирования (development study); III – фаза реализации (execution); IV – фаза завершения (close-down);

Fig. 2. Phases of the project life cycle: I – initialization phase (feasibility study); II – phase of project development and planning (development study); III – implementation phase (execution); IV – complete phase (close-down).

Менее интенсивными является использование этой функции на начальной фазе (feasibility study) проекта, поскольку еще не сформированы все необходимые входные параметры, и на фазе его завершения (close-down), поскольку практически исчерпаны все ресурсы для исполнении всех работ.

Последний этап процесса оценки, контроля и управления стоимостью в ПОПС с помощью модели ПУС - это применение корректирующих действий D , позволяющие устранить или минимизировать несоответствия в стоимости ПОПС до запланированных показателей в будущем. Как пример, для удержания стоимости проекта в пределах окончательного его бюджета с помощью корректирующих действий можно изменить общую стратегию оптимизации производственной структуры лесного хозяйства в сторону некоторого минимального снижения качества в пределах допустимого оптимума и, таким образом,

ФОРМАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ ПОДСИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТОИМОСТЬЮ ПРОЕКТОВ ПО ОПТИМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТРУКТУР ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА УКРАИНЫ

добиться уменьшения стоимости отдельных работ или мероприятий.

Каждый проект имеет свой индивидуальный жизненный цикл, в зависимости от предметной области, в рамках которой он выполняется. Во время реализации каждый проект изменяется под воздействием определенных факторов внутренней и внешней среды проекта, поэтому существуют понятия запланированной и фактической стоимости. Разница между ними - это отклонение стоимости, которое изображено на рис. 3

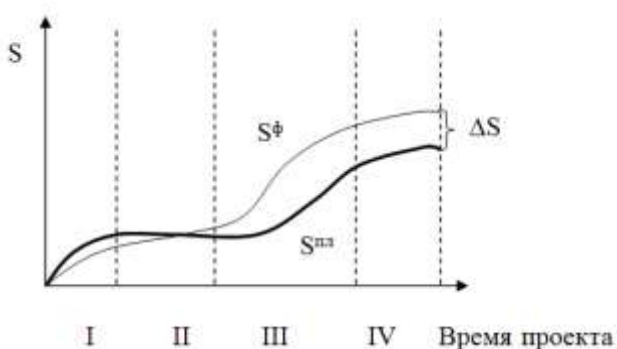


Рис. 3. Изменение фактической $S^ф$ и плановой $S^пл$ стоимости на разных фазах жизненного цикла проекта.

Fig. 3. Change the actual $S^ф$ and planned $S^пл$ value at different phases of the project life cycle.

Указанная на рис. 3 ΔS – это абсолютное отклонение фактической стоимости ПОПС ПЛХ $S^ф$ от запланированной $S^пл$. Корректировать будущую величину ΔS , которая обязательно появится во время реализации проекта, с помощью анализа, прогнозов и прочее целесообразно на начальных стадиях, поэтому фаза разработки (планирования) проекта является определяющей. Именно от того насколько правильно были рассчитаны составляющие проекта в начале, зависит максимальная точность его выполнения в соответствии с планом, а также величина ΔS .

На фазе реализации ПОПС периодически идет сравнения фактического исполнения с планом и ликвидация последствий отклонений, если это возможно. Чем ближе завершение проекта, тем труднее влиять на его стоимость. Поэтому считаем, что фазы планирования и реализации являются

наиболее сложными и требуют пристального внимания с точки зрения управления стоимостью в проекте.

Построение математического описания процессов управления стоимостью на фазе инициализации проекта является начальным этапом его планирования. На этой стадии разрабатывают предварительный общий план проекта, используя, как правило, аналоги и накопленный опыт выполнения подобных проектов. После этого составляют бизнес-план и выполняют приближенные оценки на базе обобщенных смет. Стоимость проекта на фазе инициализации может быть оценена, как стоимость аналога, увеличенная на коэффициент инфляции:

$$S^I = S^A \cdot K_{инф}, \quad (7)$$

где: S^A – предварительная стоимость проекта, взятая на основе имеющихся аналогов; $K_{инф}$ – коэффициент инфляции за период внедрения проекта.

Однако, каждый проект индивидуален в своей структуре и реализации, поэтому предварительная оценка не дает полной картины его выполнения. Таким образом, существует необходимость более детальной разработки плана проекта, которая выполняется на стадии планирования.

К ограничениям в проекте можно отнести любые условия или требования, которые могут быть установлены например инвестором, (продолжительность или стоимость проекта), либо технологической необходимостью (сроки выполнения отдельных работ, последовательность выполнения работ и прочее). Эти ограничения принимаем за неизменные, как данную константу.

Было бы целесообразным определить, на какие именно параметры стоимости влияет каждый из видов рисков, присутствующих в данном проекте, а также, как скажется это влияние на других параметрах, которые напрямую не подпадают под это влияние, то есть в данном случае они выступают как параметры второго порядка. Их изменения уже напрямую не зависят от негативного воздействия фактора риска, а изменяются вследствие влияния параметров первого порядка.

Ограничением в данном случае является лишь условие, что изменения не могут происходить сразу по всем параметрам функции управления стоимостью, поскольку такой случай приведет к очень сложным расчетам и скорее всего будут получены неверные результаты.

Поскольку подсистема планирования и управления стоимостью находится под постоянным влиянием фактора времени, то она является динамической, то есть все ее переменные зависят от времени. При этом эта зависимость может носить как непрерывный, так и дискретный характер. Таким образом, параметры системы имеют вероятностный (стохастический) характер.

ВЫВОДЫ

1. Разработанная нами модель подсистемы управления стоимостью (ПУС) в инновационных проектах по оптимизации производственных структур (ПОПС) предприятий лесного хозяйства (ПЛХ) позволяет успешно управлять стоимостью таких проектов, в зависимости от действия факторов внешней и внутренней среды.

2. Нами выполнена математическая постановка задачи управления стоимостью в инновационных ПОПС для ПЛХ.

3. Формализация модели ПУС инновационных ПОПС предприятий лесного хозяйства дает возможность управлять этой категорией и определять оптимальный ее вариант, в зависимости от входных параметров и воздействия факторов проектной среды.

Перспективой дальнейших исследований считаем оценку влияния внутренних и внешних факторов на эффективное управление стоимостью проектов, с помощью подсистемы управления стоимостью в ПОПС предприятий лесного хозяйства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Tanaka H. Guide to the code of knowledge on project management (instruction RМВОК ®), 3-е Изд. Project Management Institute Inc., 2004 – 388.

2. Burkov V.N., How to manage projects. / C. N. Burkov, D. A. Novikov. M: SINERGHIA, 1997. – 188.

3. Voropaev V.I. Project Maagement in Russia. Foundations, concepts, history, achievements, prospects / Raup SOVNET. – M: Alans, 1995. – 225.

4. Kochetkov, A.I., Project Management. / A. I. Kochetkov, S. Nikeshyn, Yu. P. / Rudakov Foreign experience. – S.: Two Three, 1993. – 446.

5. Bushuev, S. D. Creative technology project management and program / S. D. Bushuev. – monograph. – K. : "Summit Book", 2010. – 768.

6. Rach V.A. and other. Project Management: practical aspects of implementation strategies for regional development / Training. the allowance. / V. A. Rach, O.V. Rossoshansky, O. M. Medvedev; edited Century A. Racha. – K.: "K.I.S. ", 2010. – 276.

7. Teslya Y.N. How to make a project management methodology worked in practice / Y. N. Teslya // projects managemen: the camp state and prospects. – 2013. – № 9. – 336–338.

8. Kononenko I.C. Program; PC goptimization portfolio entergrice projects for the planned period / I.V. Kononenko, K.S. Bukrejeva // Open information and computer integrated technologies: scientific articles. dijest. Kh.: The NAC. Aeroacom. University "Khai", 2010. – Vol. 48. – 267.

9. Sydorhuk O., Grounding of the main tasks the project management of power supply for rural power consumers / MOTROL–2008 // Sydorhuk L., Tatomyr A - Motorization and power industry in agriculture. – Volume 10. – Lublin, 2008. – 122–125.

10. Rybak A.I. Project-oriented management at the enterprise / A.I. Rybak, V.V. Kapliencko / Coll. scientific essays NUK. – Mikolajv: NUK, 2006. – №5/1 (410). – 31–36.

11. Koshkin K.V., Information systems of the entergrice. PM 1. / K.V. Koshkin, L.L. Koshkina, O. B. Schneider / Systems of projects management: Text-book – Mikolajv : UDMTY, 2000. – 61.

12. Gogunsky V. D. Project management and development: scientitic Digest. – M : publishing house of Dahl VNU, 2010. - № 1 (33). - 42-46.

ФОРМАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ ПОДСИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТОИМОСТЬЮ
ПРОЕКТОВ ПО ОПТИМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТРУКТУР ПРЕДПРИЯТИЙ
ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА УКРАИНЫ

13. Druzhinin E.A. Methodological basis of development // upravlinnya projects that development. virobn. / T. A. Butyrskaya, A. S. Vanushkin: ZB. of Sciences. Essays. – Luhansk : Shanyrak. keep. University, 2000. – № 2. – 89–98.
14. Rak Y. P. Management of projects of fire extinguishing in remote areas of the territory topological optimization schemes / Y. P. Rak, A. D. Sinelnikov, I. There. Cancer // Computer systems and networks. - Leningrad : Publishing house of the NAC. UN-Tu "Lviv. Polytechnic national University, 2008. – 97–101.
15. Flys Ihor. Engineer project management of production and processing complexes / MOTROL–2010 // Motorization and power industry in agriculture. – Tom 12. – Lublin, 2010. – 75-81.
16. Flys I. Scientific and practical aspects of project management for production and reprocessing complexes / TEKA / Polish academy of sciences // Commission Motorization and power industry in agriculture. – Vol. XI. – Lublin, 2011. – 83–91.
17. Flys I. Scientific-methodological problems in the management of innovation projects to create production-processing complexes / MOTROL // Commission of motorization and energetics in agriculture / An international journal on operation and agri-food industry machinery. – Vol. 14 – №4. – Lublin, 2012. – 91–96.
18. Triguba. management Processes of the integrated projects of agricultural production / A. Triguba, A. Sharabura // MOTROL–2011 / Motorization and power industry in agriculture. – Tom 13D. – Lublin, 2011. – 37–42.
18. Butyrskaya T. A., Methods of risk management at the present stage of economic development // upravlinnya projects that development. virobn. / T. A. Butyrskaya, A. S. Vanushkin: ZB. of Sciences. Essays. – Luhansk : Shanyrak. keep. University, 2000. – № 2. – 89–98.
19. Kovalev V.V. Methods of investment valuation. – M.: Finance and statistics, 1998. – 144.
20. Ermoliev Y.M, Mathematical methods of operations research. / Y.M Ermoliev, I. I. Lyashko, V.S. Mikhalevich., C.I. Tupt. / – Kyiv. : High school. The head of the publishing house, 1979. 312.
21. Arkhipova N. I., cufbavv the emergency Management. / N. I. Arkhipova, centuries kulba /– 2 ed., Rev. and supplementary): H.: RHHU, 1998. - 317.

**MODEL FORMALIZATION OF PROJECT
VALUE MANAGEMENT SUBSYSTEM
FOR THE FORESTRY PRODUCTION
STRUCTURE OPTIMIZATION IN
UKRAINE**

Summary. This article presents the analysis of the model management subsystem the cost of innovation projects on optimization of production structures of the enterprises of forestry of Ukraine. Based on this produced mathematical ical problem formulation to control the cost of these projects.

Formalization model management subsystem the cost of innovation projects on optimization of production structures of the enterprises of forestry enables you to manage this category and to determine the optimal variant of it, depending on the input parameters and factors of the project environment.

Key words: forestry, production structure, subsystem, model, project value, project management.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ТВЕРДЫХ АГРЕГАТОВ ПРОМОРОЖЕННОГО ОЗЕРНОГО САПРОПЕЛЮ

Василь Сацюк, Николай Полищук

Луцкий национальный технический университет, Украина

Vasyl Satsiuk, Mykola Polishchuk

Lutsk National Technical University, Ukraine

Аннотации. В статье приведенные результаты исследования процесса измельчения твердых агрегатов замороженного сапропелю. Приведена математическая модель данного процесса в виде уравнения регрессии.

Ключевые слова: замороженный сапропель, твердые агрегаты, локальное внесение, степень измельчения, уравнение регрессии.

устройства аналитическим путем. Поэтому, для установления влияния свойств сапропелевых удобрений, нормы внесения удобрений, геометрических и кинематических параметров рабочих органов на степень измельчения сапропелевых удобрений необходимо провести лабораторно-производственные испытания устройства для измельчения сапропелевых удобрений.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Среди важнейших проблем современного сельского хозяйства является накопление в почвах значительного количества минеральных удобрений, химических средств защиты растений. Уменьшение поголовья скота за последние годы, делает невозможным соблюдение агротехнических требований. Поэтому возрастает потребность в органических удобрениях, одними из которых могут стать озерные сапропели пресноводных водоемов.

Для использования озерных сапропелей в качестве удобрений его влажность должна составлять не более 60%, в естественном состоянии влажность (92 ... 96%) слишком высока для внесения в чистом виде. При обезвоживании сапропелей широкое применение получило их замораживание температурами окружающей среды с последующей подготовкой к внесению. В результате механических воздействий при складировании в бурты и длительного их хранения, образуются твердые агрегаты, которые влияют на процессы внесения и эффективность использования, как органического сырья.

Сложность технологического процесса измельчения сапропелевых удобрений при их локальном внесении не позволяет полностью определить рациональные конструктивные параметры и оптимальные режимы работы

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Известные исследования процесса измельчения сапропелей проводились при их смешивании с минеральными удобрениями во время приготовления органическо-минеральных смесей [15]. Исследования процесса измельчения твердых сапропелевых агрегатов приведены в труде [12, 13]. Но в данных исследованиях не было учтено одновременного влияния факторов на процесс измельчения.

Проведенные в последние годы прошлого тысячелетия широкомасштабные геологоразведочные работы показали, что на территории Украины находятся значительные запасы сапропелей, крупнейшие залежи которых размещены на Волыни [4, 11, 16].

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Предыдущими исследованиями установлено [3, 4], что использование замороженных сапропелей без проведения дополнительной технологической операций измельчения невозможно. Основной причиной данного утверждения являются результаты работ многих исследователей о том, что обезвоженные сапропели имеют низкую влагопроницаемость. Поэтому, в случае попадания твердых включений в грунт, эффект сапропелей, как органического

вещества будет нивелирован. Также негативно влияют твёрдые включения на проведение технологических операций при выращивании сельскохозяйственных культур. Особенно это важно в случае их локального внесения при посадке (посеве) сельскохозяйственных культур [4].

Цель исследования – определение оптимальных значений факторов, при которых происходит наиболее эффективное измельчение твердых сапропелевых агрегатов.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Проведение полного факторного эксперимента по четырем факторам на трех уровнях требует проведения 81 опытов. Учитывая трудоемкость и стоимость проведения опытов, важно уменьшить их количество до оптимально–необходимого значения. Эту задачу позволяет решить использование симметричного не композиционного плана реализации эксперимента Бокса-Бенкина второго порядка.

Для проведения четырёхфакторного эксперимента, согласно вышеупомянутому плану, необходимо провести 27 опытов.

Поэтому, для исследования процесса измельчения твердых сапропелевых агрегатов, применяли математический метод планирования эксперимента с использованием симметричного не композиционного плана реализации эксперимента Бокса-Бенкина второго порядка [3].

Анализ результатов теоретического исследования процесса измельчения сапропелевых удобрений показал, что значительное влияние на данный процесс имеют угол установки лопасти к оси вращения и частота вращения валцов, норма внесения удобрений и физико-механические свойства сапропеля. Результаты экспериментальных исследований

показывают, что на физико-механические свойства сапропеля существенно влияет его влажность. Поэтому, для исследования работы измельчительного устройства проводили четырёхфакторный эксперимент с учетом влажности W сапропеля.

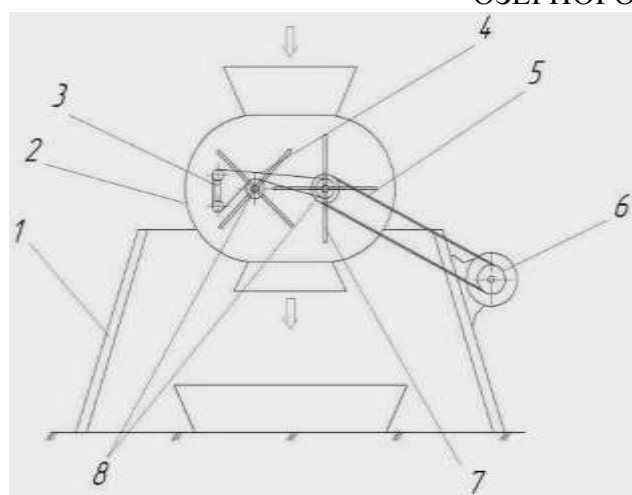
Для исследования процесса измельчения твердых агрегатов замороженного сапропеля, использовали экспериментальную опытную установку, схема которой представлена на рис. 1.

Устройство состоит из опорной рамы 1, на которой закреплен гладкий неподвижный кожух 2, пара роторов 8. На роторах установлены переменные рабочие органы лопастного типа 7. Рабочие органы имеют общую зону действия и размещены в этой зоне друг между другом в поочередной последовательности. Лопасти, которые находятся в одной плоскости, перпендикулярной оси ротора, установленные на роторе с поочередно знакопеременным углом к этой же плоскости.

Роторы имеют возможность вращаться, как во встречном направлении, так и в противоположном направлениях. На раме смонтированный привод роторов, который состоит из электродвигателя трехфазного тока 6, паса 5 и цепной 4 передач и натяжного механизма 3.

Проведение опыта заключалось в наложении на ленточный транспортер твердых агрегатов замороженного сапропеля и включали приводов устройства для измельчения и транспортера. Твердые агрегаты из транспортера подавались в устройство. Во время работы средства для измельчения подставляли емкость и отбирали пробы из потока, что подавались транспортером в средство, такие же пробы отбирали при выходе из средства. Используя методику определения гранулометрического состава с помощью ситового анализа [15],

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ТВЕРДЫХ АГРЕГАТОВ ПРОМОРОЖЕННОГО ОЗЕРНОГО САПРОПЕЛЮ



а) схема
a) chart



б) общий вид
b) general view

Рис. 1. Устройство для измельчения твердых агрегатов промороженного сапропеля: 1 – корпус; 2 – кожух; 3 – натяжное устройство; 4 – цепная передача; 5 – передача паса; 6 – двигатель; 7 – лопасти; 8 – ротор

Fig. 1. Device for growing of hard aggregates of frozen shallow to the sapropel :

1 – a corps; 2 – casing; 3 – a tightener; 4 – a chain-drive; 5 – a transmission of pass; 6 – an engine; 7 – are blades; 8 – a rotor

проводили определение размера частиц, которые складывают 50% материала в соответствии до и после измельчения агрегатов.

Степень измельчения определяли из зависимости:

$$i = \frac{d_{50n}}{d_{50к}}, \quad (1)$$

где: d_{50n} – размер частиц, который составляет 50% по массе на входе в средство для измельчения сапропелевых удобрений;

$d_{50к}$ – размер частиц, который составляет 50% по массе измельченного промороженного сапропеля.

Поскольку предыдущими исследованиями было установлено, что при противоположном направлении вращения валцов устройства, твердых включений размером > 10 мм., остается меньше за счет удара материала в ограждающий кожух. Было решено исследовать процесс именно для противоположного направления вращения валцов.

Таблица 1. Факторы и уровней варьирования
Table 1. Factors and even varying

| Уровни варьирования | Факторы | | | |
|--------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------|
| | Влажность сапропеля W, % | Частота вращения измельчительных роторов n, мин. ⁻¹ | Угол установления лопасти $\alpha, ^\circ$ | Норма внесения удобрений U, т/га |
| | x ₁ | x ₂ | x ₃ | x ₄ |
| Верхний (+1) | 60 | 1000 | 90 | 10 |
| Нулевой (0) | 50 | 800 | 45 | 7,5 |
| Нижний (-1) | 40 | 600 | 0 | 5 |
| Интервал варьирования, ϵ | 10 | 200 | 45 | 2,5 |

Таблица 2. Планирование эксперимента и порядок проведения опытов
 Table 2. Planning the experiment and the procedure of the experiments

| Номер опыта | Порядок проведения | Факторы | | | |
|-------------|--------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------|
| | | Влажность сапропеля W , % | Частота вращения измельчительных вальцов n , хв. ⁻¹ | Угол установки лопасти к оси вращения α , ° | Норма внесения удобрений U , т/га |
| 1 | 7 | 60 | 1000 | 45 | 7,5 |
| 2 | 1 | 40 | 1000 | 45 | 7,5 |
| 3 | 10 | 60 | 600 | 45 | 7,5 |
| 4 | 16 | 40 | 600 | 45 | 7,5 |
| 5 | 22 | 50 | 800 | 90 | 10 |
| 6 | 3 | 50 | 800 | 0 | 10 |
| 7 | 11 | 50 | 800 | 90 | 5 |
| 8 | 15 | 50 | 800 | 0 | 5 |
| 9 | 20 | 60 | 800 | 45 | 10 |
| 10 | 26 | 40 | 800 | 45 | 10 |
| 11 | 5 | 60 | 800 | 45 | 5 |
| 12 | 23 | 40 | 800 | 45 | 5 |
| 13 | 4 | 50 | 1000 | 90 | 7,5 |
| 14 | 24 | 50 | 600 | 90 | 7,5 |
| 15 | 12 | 50 | 1000 | 0 | 7,5 |
| 16 | 6 | 50 | 600 | 0 | 7,5 |
| 17 | 25 | 60 | 800 | 90 | 7,5 |
| 18 | 9 | 40 | 800 | 90 | 7,5 |
| 19 | 27 | 60 | 800 | 0 | 7,5 |
| 20 | 13 | 40 | 800 | 0 | 7,5 |
| 21 | 2 | 50 | 1000 | 45 | 10 |
| 22 | 17 | 50 | 600 | 45 | 10 |
| 23 | 21 | 50 | 1000 | 45 | 5 |
| 24 | 14 | 50 | 600 | 45 | 5 |
| 25 | 19 | 50 | 800 | 45 | 7,5 |
| 26 | 8 | 50 | 800 | 45 | 7,5 |
| 27 | 18 | 50 | 800 | 45 | 7,5 |

План Бокса–Бенкина рассчитан на использование трех уровней для каждого фактора: верхнего(+1), нулевого (0) и нижнего(- 1).

Планирование экспериментального исследования включало такие этапы:

- кодировка факторов;
- складывание таблицы факторов и уровней варьирования;

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ТВЕРДЫХ АГРЕГАТОВ ПРОМОРОЖЕННОГО ОЗЕРНОГО САПРОПЕЛЮ

- складывание матрицы планирования;
- реализация плана эксперимента согласно матрице планирования;
- складывание уравнения регрессии для определения коэффициентов;
- оценка значимости коэффициентов регрессии;
- проверка адекватности полученной математической модели.

При складывании таблицы факторов и уровней варьирования (табл. 1) учитывали результаты предыдущих исследований.

Исследование проводили, используя матрицу планирования. У раскодированном виде матрица планирования эксперимента и порядок проведения опытов представлены в таблице 2. Связь между кодированными и натуральными значениями факторов устанавливалась зависимостями:

$$x_1 = \frac{W - W_0}{\varepsilon_1} \quad (2)$$

$$x_2 = \frac{n - n_0}{\varepsilon_2} \quad (3)$$

$$x_3 = \frac{\alpha - \alpha_0}{\varepsilon_3} \quad (4)$$

$$x_4 = \frac{U - U_0}{\varepsilon_4} \quad (5)$$

где: x_1, x_2, x_3, x_4 – кодовые значения факторов, соответственно, влажности сапропеля, частоты вращения измельчительных валцов, угла установки лопасти к оси вращения и нормы внесения сапропелевых удобрений; W, n, α, U – натуральные значения факторов, соответственно, влажности сапропеля, частоты вращения измельчительных валцов, угла установки лопасти к оси вращения и нормы внесения сапропелевых удобрений; W_0, n_0, α_0, U_0 – натуральные значения факторов на нулевом уровне; $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \varepsilon_4$ – интервалы варьирования факторов.

Обработка данных результатов четырёхфакторного эксперимента согласно трехуровневому плану второго порядка на ЭВМ, позволила получить уравнение регрессии, функцией отклика которого

является степень измельчения сапропелевых удобрений:

$$y = 1,896 + 0,039x_2 + 0,022x_3 - 0,036x_4 - 0,017x_1^2 - 0,046x_2^2 - 0,122x_3^2 - 0,028x_4^2 \quad (6)$$

Проверку адекватности полученного уравнения регрессии проводили с помощью критерия Фишера F_ϕ .

Расчетное значение F_ϕ – критерия Фишера составило: $F_\phi = 10,46$ при дисперсии неадекватности $S_{неад} = 0,02$ и дисперсии воспроизводимости $S_y = 0,002$.

Табличное значение критерия Фишера при принятом 5%-м уровне значимости, согласно [10], составляло:

$$F_\phi(0,05; f_2; f_1) = 19,43,$$

где: – f_2 число степеней свободы дисперсии неадекватности ($f_2 = 17$); f_1 – число степеней свободы дисперсии воспроизводимости ($f_1 = 2$).

Поскольку

$$F_\phi = 10,46 < F_\phi(0,05; f_2; f_1) = 19,43,$$

то полученная модель адекватна.

Оценка значимости коэффициентов регрессии проводилась с помощью критерия Стьюдента.

Критерий Стьюдента при 5%-ном уровне значимости и числе степеней свободы дисперсии воспроизводимости $f_1 = 2$ составил $t(0,05; 2) = 4,30$ [10].

Доверительные интервалы коэффициентов регрессии составили:

$$\Delta b_0 = 0,036, \Delta b_1 = 0,018, \Delta b_{1r} = 0,031, \Delta b_{1i} = 0,027$$

Анализ уравнения регрессии показывает, что наибольшее влияние из рассмотренных факторов на степень измельчения сапропелевых удобрений имеет частота вращения измельчительных роторов, норма внесения сапропелевых удобрений и угол установления лопатки к оси вращения, о чем свидетельствуют значения коэффициентов при данных факторах.

Окончательно уравнение регрессии с факторами в натуральном виде будет:

$$y = 0,291 + 1,7 \cdot 10^{-2} W + 2,035 \cdot 10^{-3} n + 5,91 \cdot 10^{-3} \alpha - 5,28 \cdot 10^{-2} U - 1,7 \cdot 10^{-4} W^2 - 1,15 \cdot 10^{-6} n^2 - 6,025 \cdot 10^{-5} \alpha^2 - 4,48 \cdot 10^{-3} U^2 \quad (7)$$

где: W, n, α, U – натуральные значения факторов в соответствии с таблицей.

Для анализа динамики изменения степени за уравнением регрессии были построены поверхности отклика и их двухмерные сечения, представленные на рисунок для влажности 50% .

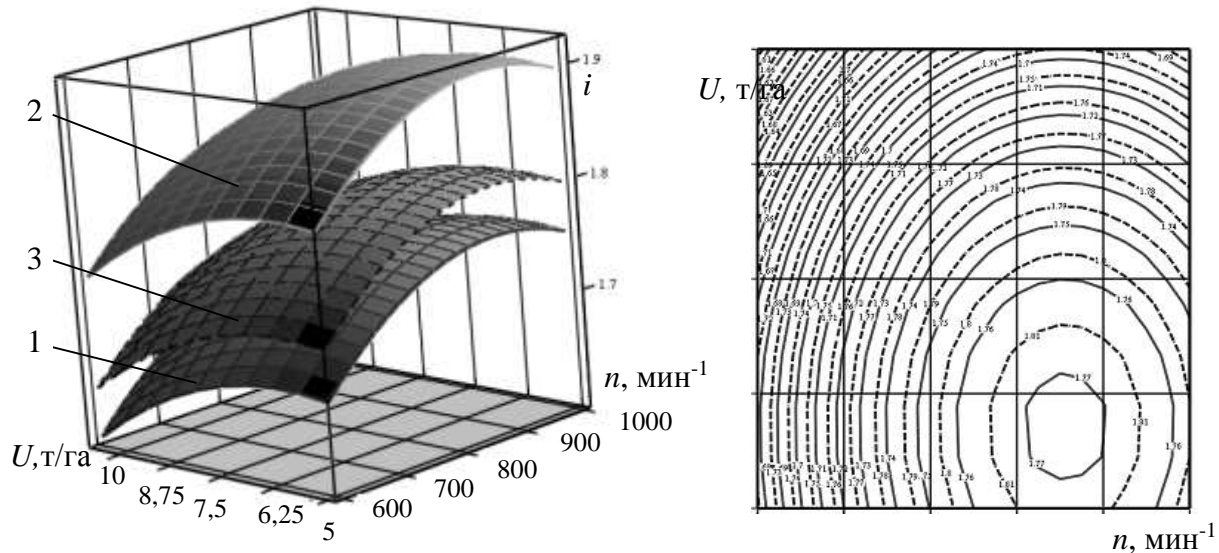


Рис. 2. Зависимость степени измельчения твердых агрегатов замороженного сапропеля влажностью $W=50\%$ от нормы внесения удобрений U и частоты вращения измельчительных роторов n для угла установления лопасти α : 1 – $\alpha=0^\circ$; 2 – $\alpha=45^\circ$; 3 – $\alpha=90^\circ$

Fig. 2. Dependence of degree of growing of hard aggregates of frozen shallow sapropel by humidity of $W=50\%$ from the norm of top-dressing of U and frequencies of rotation of grinding down rotors of n for the corner of establishment of blade α : 1 – $\alpha=0^\circ$; 2 – $\alpha=45^\circ$; 3 – $\alpha=90^\circ$

ВЫВОДЫ

1. Сравнительный анализ полученных поверхностей и их двухмерных сечений показал, что степень измельчения сапропелевых удобрений растет с увеличением частоты вращения измельчительных роторов и уменьшением нормы внесения удобрений.

2. Наибольшая степень измельчения достигается для угла установления лопатки 45° , а наименьшая при величине данного угла 0° .

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Achenbach, J.D. 1973. Wave propagation in elastic solids. New York: Amer. Elsevier Publ. Co. 425.
2. Bakym M.V. 2008. Silskogospodarski mashynu. С.2. Mashynu dlya vnesenya dobru. Y 2-h tomah – Harkiv: HNTUSG. – Т.1. – 285.
3. Besson, J., Cailletaud, G., Chaboche, J.L., Forest, S. 2010. Non-Linear Mechanics of Materials.-Hardcover. 433.
4. Didukh V. Investigatijn of manufacture of organic fertilizers based on sapropel / V.Didukh, M. Polishchuk // MOTROL. Commission of motorization and energetic in agriculture. An international journal on operation of farm and agri-food industry machinery. Vol. 15, No 4. – Lublin – RZEWOW 2013. – 225–230.
5. Didukh V.F., Shumchyk O.P. 2006. Eksperimentalni procesy vudalennya vodu iz sapropely. Zb. Nayk. St. Silskogospodarski mashynu № 14. Lutsk – 90 -93.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ТВЕРДЫХ АГРЕГАТОВ ПРОМОРОЖЕННОГО
ОЗЕРНОГО САПРОПЕЛИЮ

6. Igor Shevchenko. 2006. Adaptivnue ekofilnue tehnologii I mashunu dlya obrabotki pochvu kak osnova razvitiya sistemu upravlyаемого zemledeliya. State Agrotechnical Academy of Meletopol, Ukraine // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 8. 198-203.
7. Kazimierz MIELEC, Jozef KOBYLARZ. Roznictowo precyzyjne najnowszą techniką mechanizacji polowej produkcji roślinnej. // MOTORYZACJA I ENERGETYKA ROLNICTWA. II Międzynarodna Konferencja Naukowo-Techniczna MONROL. 1999, 19-34.
8. Meleshko, V.V. 2003. Selected topics in the history of the two-dimensional biharmonic problem. Appl. Mech. Rev. Vol 56, No 1: 33-85.
9. Meyers, M.A. 1994. Dynamics behavior of materials. –New York: Wiley, 1994. 283 p.
10. Niedziółka I, Zucniarz A. Analiza energetyczna wybranych rodzajów biomasy pochodzenia roślinnego. // MOTROL. Motoryzacja i energetyka rolnictwa.- Tom 8A. Lublin 2006. 232-237.
11. Novik F.S., Arsov Y.B. Optimization of processes technologists of metals by the methods of planning of experiments. – M.: Engineer, Sofia : Technique, 1980. – 304.
12. Polishchuk M.M. Zmina fizukomechanichnuy vlastuvostey promorogenogo sapropely z chasom // “Aktyalni zadachi suchasnykh tehnologiy”: zbirnyk tez dopovidey mignarodnoi naykovo-tehnichnoi konferencii moloduy ychenuh ta studentiv, 19-20 grydnya. 2012 r. – Ternopil: Vudavnuctvo TNTU im. Ivana Pyluya, 2012. 17-18.
13. Polishchuk M.M., Babaruka. S.F. Research of process of growing of shallow to the sapropel. // Agricultural of machine. – C. sciences. item of Pr. 24. it is Lutsk: Red. is a kind. department of LNTU, 2013. – 298–305.
14. Poruchikov, V.B. 1993. Methods of the classical theory of elastodynamics. – Berlin, New York: Springer-Verlag. 319.
15. Sapropeli rossii – na polsu rodine [Elekronnyy reesr]. – Regum dostypu: www.saprex.ru.
16. Satciuk V.V. Ground of parameters of process and means for preparation of organo-mineralnoy mixture: dissertation on the receipt of scientific degree of candidate of engineering sciences / 05.05.11. Satciuk Vasiliy Vasilevich. it is Vinnytsya, 2006. 181.
17. Shevchuk M.Y. 1996. Sapropeli Ukrainu: zapasu, yakist ta perspektivu vukorustannya. – Lutsk: Nadstur'ya – 383.
18. Sneddon, I., Fourier transforms. 1951. New York, McGraw-Hill. 542.
19. Stetustchnuy shchorichnyk. “Volyn - 2011”. Lutsk, 2012 r., 560.
20. Voytyk D.G., Gavrulyk G.R. Silskogospodarski mashunu. – K.: Yrojay 1994. – 446.
21. Zaika P.M. 2002. Teoriya silskogosporskih mashun. Tom 1(c. 3) Mashunu dlya prugotyvannya I vnesennya dobrov. – Harkiv: Oko – 352.
22. Zapevalov M.V. 2011. Tehnologii i sredsya pereventivnykh procesov po yhody za selskohozyaustvennumi kyltyrami. FUNDAMENTAL RECSEARCH № 12. – 326–331.

**RESEARCH OF GROWING OF HARD
AGGREGATES SHALLOW FROZEN
LACUSTRINE TO SAPROPEL**

Summary. In the article the brought results over of research to the process of growing of hard aggregates shallow frozen to the sapropel. A mathematical model over is brought given to the process as equalization of regression.

Key words: frozen to the sapropel, hard aggregates, local bringing, degree of growing shallow, equalization of regression.

НОВЕЙШИЕ ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА ДЛЯ ДОБЫЧИ ОЗЕРНОГО САПРОПЕЛЯ ИЗ ПОД СЛОЯ ВОДЫ

Роман Хлопецкий, Олександр Шимчук

Луцкий национальный технический университет, Украина

Roman Hlopetskyi, Olexandr Shymchuck

Lutsk National Technical University, Ukraine

Аннотация. В статье предложен новый добывающий модуль озерных сапропелей, приведены его схему и принцип работы.

Ключевые слова: добывающий модуль, сапропель, заборная фреза, водоем, шнек.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

На современном этапе развития Украина находится в состоянии переходных условий хозяйствования. При таких условиях агропромышленный комплекс требует дешевых и качественных органических удобрений и удобрений на основе органического вещества. Одним из таких удобрений являются озерные сапропели, запасы на территории нашего государства которых позволяют обеспечить агропромышленный комплекс органическими удобрениями на многие годы [4, 6, 7, 9]. Необходимость добычи озерных сапропелей определяется также естественно-экологическим фактором, поскольку большинство озер Западного региона Украины находятся на стадии исчезновения [5, 8, 10]. Вследствие быстрого заиления теряется способность озера к самоочищению и оно исчезает. Такие озера нуждаются в немедленном восстановлении с сохранением ресурсного потенциала водоема, что требует особого подхода к процессам добычи донных отложений, их переработки и дальнейшего использования [1].

Одной из основных проблем очистки озер является отсутствие современных недорогих средств для добычи сапропеля, особенно из под слоя воды. Существующие средства для добычи сапропелей зарубежного производства отличаются высокой эффективностью и производительностью выполнения работ, но они слишком дорогие [12, 13, 15].

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Разработкой эффективных средств механизации для добычи озерных сапропелей, процессами его перемещения и транспортировки занимаются многие ученые как на Украине, так и за рубежом [14, 16]. Среди известных добывающих устройств озерных сапропелей большое распространение получили устройства, представленные в работах [2, 3]. Но разработке и исследованию комбинированного, относительно дешевого, мобильного средства для добывания озерных сапропелей из-под слоя воды в данных работах внимание не уделялось.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Целью работы является предложить новый добывающий модуль озерных сапропелей для разработки среднего слоя сапропеля с минимальными энергозатратами и влиянием на экосистему водоема, а также частичным его обезвоживанием.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Добывающий модуль озерных сапропелей представлен на рис. 1. Он содержит заборную фрезу 1, частично закрытую неподвижным корпусом 2, в котором размещен шнек 3. Шнековый пресс 4 трубчатым рукавом 5 подвижно сопряженный с заборной фрезой 1. Рабочими элементами заборной фрезы 1 являются спирали Архимеда, которые приводятся в движение от гидродвигателя 6 через редуктор 7. Глубина хода заборной фрезы 1 регулируется гидроцилиндрами 8. Под выгрузочным окном шнекового пресса 4 размещены загрузочные бункеры 9 выгрузного шнекового пресса 10, состоящего

из двух секций для обеспечения возможности работы добывающего модуля озерных сапропелей как самостоятельно, так и в составе комплекса добывающих машин, и одновременно с обезвоживанием выполняет функцию шнекового транспортера для отгрузки добытого и обезвоженного сапропеля на баржу 11. Все рабочие устройства приводятся в действие смонтированным трактором 12, который расположен на понтоне 13. Патрубки 14 служат для сброса свободной воды в водоем. Для осуществления поворотов при разворотах и холостых движениях по водоему предусмотрен направляющий

поворотный руль 15 который присоединяется системой рычагов к рулевой системе трактора при монтаже последнего на модуль и лопастное колесо 16, которое через цепную передачу приводится в движение от оси ведущих колес трактора.

Добывающий модуль озерных сапропелей работает следующим образом. Рабочие элементы заборной фрезы 1 врезаются в слой сапропеля, отделяя и захватывая сапропель и частично передвигая добывающий модуль в сторону добычи сапропеля. Слой пелогена частично снимается неподвижным корпусом 2.

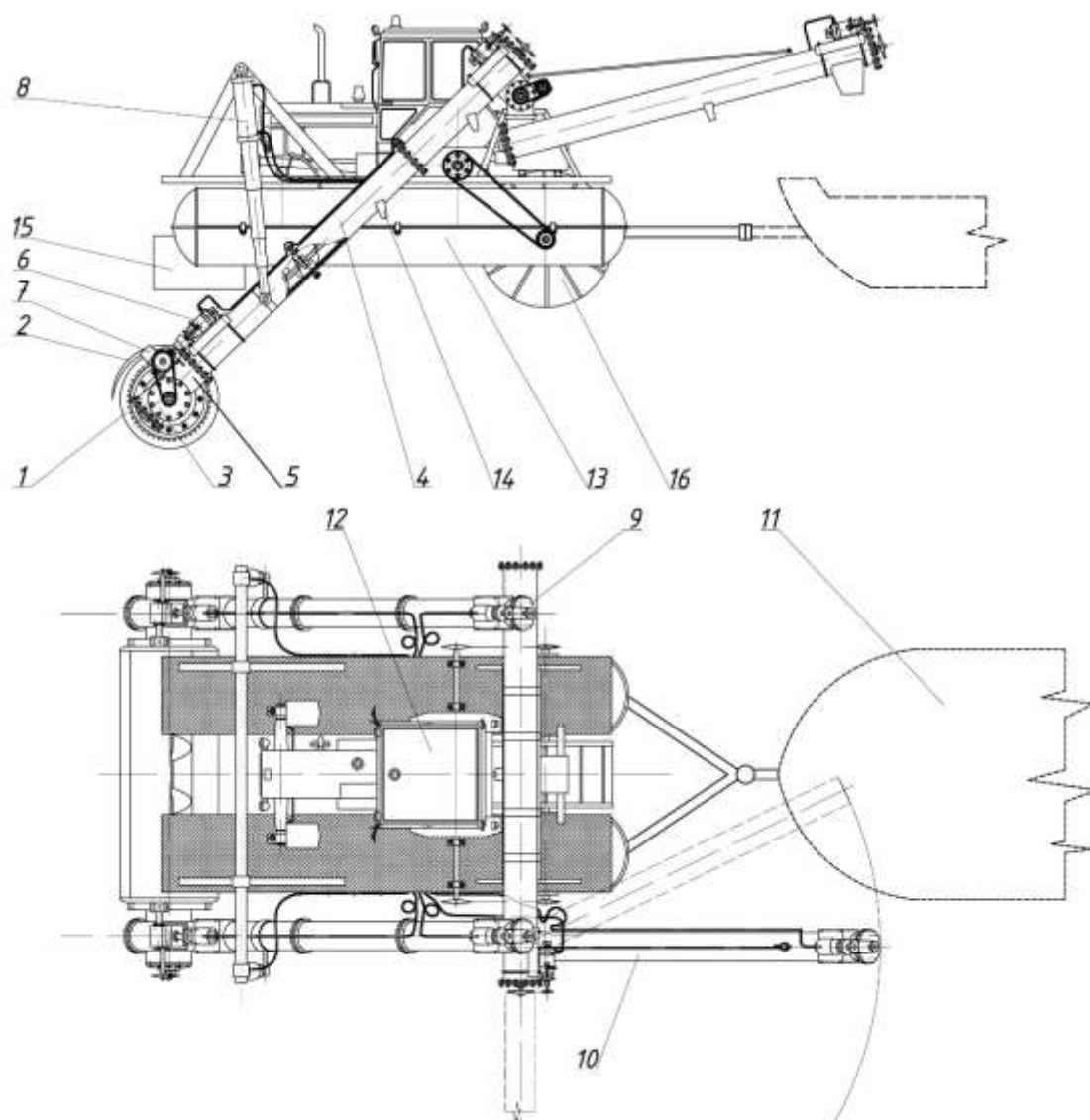


Рис. 1. добывающий модуль озерных сапропелей:

- 1 – заборная фреза; 2 – неподвижный корпус; 3 – шнек заборной фрезы; 4 – шнековый пресс; 5 – трубчатый рукав; 6 - гидродвигатель; 7 – редуктор; 8 – гидроцилиндр; 9 – загрузочный бункер; 10 - выгрузный шнековый пресс; 11 – баржа; 12 – трактор; 13 – понтон; 14 – сливные патрубки; 15 – руль; 16 – лопастное колесо

НОВЕЙШИЕ ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА ДЛЯ ДОБЫЧИ ОЗЕРНОГО САПРОПЕЛЯ ИЗ ПОД СЛОЯ ВОДЫ

Гидроцилиндрами 8 заборная фреза 1 устанавливается на глубину 0,5 ее диаметра в средний слой сапропеля. Поверхности рабочих элементов заборной фрезы 1 при врезании в слой сапропеля создают тяговую силу, которая перемещает добывающий модуль в направлении разработки пласта. Отделенный сапропель под давлением следующих захваченных порций продвигается по внутренней поверхности элементов заборной фрезы 1, выполненных в форме спирали Архимеда, и попадает на витки шнека 3. Шнек 3 транспортирует сапропель от середины к периферии заборной фрезы 1, где его захватывают витки шнекового пресса 4, транспортирующего сапропель в бункер 9 выгрузного шнекового пресса 10, который так же, как и шнековый пресс 4, одновременно частично отделяет свободную воду и выполняет функции транспортирующего органа. Выгрузной шнековый пресс 10 выбрасывает обезвоженный сапропель в баржу 11. Свободная вода через патрубки 14 сбрасывается в водоем.

ВЫВОДЫ

Разработаны современные технологии и средства для добывания сапропелей из-под слоя воды обеспечивают высокую эффективность выполнения технологического процесса при минимальных экономических затратах и экологических последствиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шевчук М. В. Сапропелі України: запаси, якість та перспективи використання: Монографія. Луцьк: Надстир'я, 1996. – 384 с.
2. Патент України на корисну модель № 33681 «Підйомно-транспортуючий пристрій для добування сапропелю» МПК (2006): E02F 3/00, 2008.
3. Патент України на корисну модель № 60252 «Установка для добування сапропелю» МПК: E02F 3/46 (2006.01), 2011.

4. Штин С. М. Озерные сапропели и их комплексное освоение /Под ред. И. М. Ялтануа. – М.: изд. МГГУ, 2005г.
5. Цытович Н. А. Механика грунтов (краткий курс). 2–е изд., доп., Учебн. для вузов. М., «Высшая школа», 1973 г.
6. Ветров Ю. А. Резание грунтов землеройными машинами. Киев: Машиностроение, 1971 г., 357.
7. П.В. Сисолін. З бажанням зберегти родючість української землі та допомогти селянину. Зб. статей, виступів та коментаріїв (1997 – 2008рр.). – Кіровоград, 2009. – 160.
8. Агроклиматический справочник по Волынской области. Госиздат с.-х. лит., УССР, 1959. – 8–12.
9. Ларгин И.Ф., Шадрин Н.И. Геология сапропелевых отложений. Калинин: Калининск. Политех. Ин-т, 1989. – 8.
10. Лопотко М.З. Сапропели БССР, их добыча и использование. Минск: Наука и техника, 1974. - 208.
11. Отчет АН за 1916 г. Пг. 1916. - 326.
12. Российский государственный архив. Ф. 660, кат. 2, оп. 3, д. 862, л.с. 44, дат. 1919-1923, 1925 – 1927, 1930 – 1938 гг.
13. Справочник ресурсов сапропеля Украины. Книга 1. Киев: 1994. – 109.
14. Справочник ресурсов сапропеля Украины. Книга 2. Киев: 1994. – 193.
15. Бенсман В. Р. Проблемы классификации торфяников и сапропелей. Молодой ученый. 2010. № 1–2 (13) Т 1. Чита. 146 – 147.
16. Платонов В.В., Проскураков В.А., Шавырина О.А., Половецкая О.С., Пономарева М.А. и др. Химическая структура сапропелевых гуминовых кислот – ЖПХ, – 2001, – 29с, – Деп. ВИНТИ РАН 31.10.01,– № 2298, – В 2001.

LATEST TECHNOLOGIES AND TOOLS FOR LACUSTRINE SAPROPEL EXTRACTION FROM THE WATER LAYER

Summary. The paper proposes a new lake sapropel extractive module, it is given its scheme and working principle.

Key words: sapropel extractive module, fence cutter, lake, auger.

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДИСКОВОГО ПРИСЫПАТЕЛЯ УКЛАДЧИКА ТРУБ ДЛЯ ПОДПОЧВЕННОГО ОБОГРЕВА КУЛЬТИВАЦИОННЫХ СООРУЖЕНИЙ

Елена Налобина, Александр Васильчук, Александр Романовский

Национальный университет водного хозяйства и природопользования, Украина

Elena Nalobina, Alexandr Vasilchuk, Alexandr Romanovski

National University of Water Management and Nature Resources Use, Ukraine

Аннотация. В статье рассмотрена новая конструкция ножевого укладчика труб культивационных сооружений. Изложены результаты теоретических и экспериментальных исследований дисковых присыпающих устройств укладчиков труб. Обоснованы математическая и графическая зависимости для определения параметров дисков присыпающего устройства, которые обеспечивают качественную укладку труб, а также позволяют сохранить теплопроводные характеристики грунта в зоне вокруг трубы в пределах естественных.

Ключевые слова: культивационное сооружение, подпочвенный обогрев, трубоукладчик, дисковое присыпающее устройство, теплопередача, плотность грунта.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В настоящее время проблема утилизации тепловых отходов, отводимых с циркуляционными водами, предназначенными для охлаждения технологического оборудования атомных электростанций, которые составляют 300...500 млн. т. условного топлива ежегодно [7], успешно может быть решена за счет использования теплых вод для обогрева грунта культивационных сооружений.

Подпочвенный обогрев – эффективная мера, направленная на интенсификацию сельскохозяйственного производства, позволяющая повышать температуру почвы на 1...2 °С, тем самым обеспечивается значительное повышение урожая [1, 13] культур, выращиваемых на обогреваемых полях. Данный вид обогрева может быть реализован за счет построения сети из пластмассовых труб.

С учетом результатов анализа известных исследований выявлено, что одним из перспективных направлений,

способствующих повышению эффективности функционирования грунтовых обогревательных сетей, является обеспечение максимальной теплопередачи в системе труба – грунт. Обеспечить максимальную теплопередачу можно за счет сохранения естественной плотности грунта в околотрубной зоне.

С учетом выше сказанного, создание трубоукладчика, обеспечивающего качественную укладку труб для подпочвенного обогрева культивационных сооружений с целью создания дополнительных благоприятных агроклиматических условий для прорастания и развития сельскохозяйственных культур, является актуальной научно-практической задачей.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

С учетом требований к рабочим органам машин, предназначенных для выполнения операций по укладке трубопроводов для подпочвенного обогрева [7, 9] и анализа известных способов укладки, установлено [3, 5, 7, 14], что наиболее перспективным является бестраншейный способ укладки обогревающих труб. Однако, реализация данного способа известными рабочими органами осуществляется либо с рыхлением почвы [11], либо с ее уплотнением и формированием щели и сопровождается при этом образованием зазоров между трубой и грунтом [4], что приводит к снижению теплопередачи.

Реализовать данный способ возможно за счет использования трубоукладчика, выполненного в виде щелереза с дисковым присыпающим устройством, предназначенным для принудительной присыпки труб.

Обоснование параметров щелереза представлено в работах [8, 12].

Поскольку эксплуатация культивационных сооружений определяется длительностью в десятки лет, а полная релаксация почв после нарушения естественной структуры происходит в течение 2 – 3 лет [15], то закладка труб должна осуществляться с принудительной присыпкой труб, при сохранении в пределах естественных теплопроводных характеристик грунта. К таким характеристикам в системе труба - грунт относят теплопередачу и теплопроводность, которые оценивают коэффициентом теплопроводности, и которые взаимосвязаны с плотностью почвы [10].

Толщина слоя H обсыпки трубопровода, определяется из условий оптимального развития корневой системы продукции овощеводства, глубина которой достигает 0,3...0,4 м от поверхностного слоя почвы [2] и должна составлять 0,1...0,2 м.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Целью работы является разработка и исследование параметров рабочего органа укладчика труб для подпочвенного обогрева культивационных сооружений, который обеспечит качественную укладку таких труб за счет формирования максимальной площади контакта трубы с грунтом и сохранения теплопроводных характеристик грунта в околотрубной зоне в пределах естественных.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Для достижения поставленной цели в Национальном университете водного хозяйства и природопользования (Украина, г. Ровно) была разработана, изготовлена и исследована конструкция ножевого укладчика труб культивационных сооружений с дисковым присыпным устройством (рис. 1), который включает: щелерез 1 и трубопроводное устройство 2 для подачи линейно - протяженных объектов 3. На трубопроводном устройстве 2 в зоне укладки трубопровода с возможностью

вращения установлены под углом β к вертикальной оси трубоукладчика диски 4.

Работа ножевого укладчика труб культивационных сооружений с дисковым присыпным устройством заключается в следующем. При перемещении рабочего органа трубоукладчика щелерезом 1 почва уплотняется в массив, формируется щель глубиной h . По трубопроводному устройству 2 подается труба 3 диаметром d на дно щели. Диски 4, установленные под углом β к вертикальной оси трубоукладчика, вращаются в направлении его движения. При этом почва, режущей кромкой самовращающихся дисков срезается и перекладывается на трубопровод слоем толщиной H , определенной техническими требованиями системы.

Данное рабочее оборудование уплотняет почву в боковые стенки щели, а дисковое присыпное устройство обеспечивает присыпку трубы. При этом плотность грунта остается близкой к естественной и тем самым позволяет ликвидировать воздушные зазоры по всей площади контакта труб с грунтом и обеспечить хорошую передачу тепла от труб в массив.

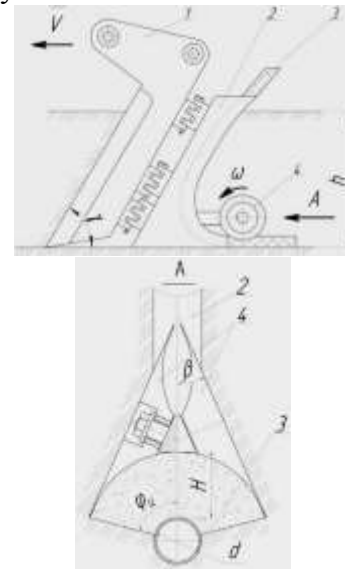


Рис. 1. Рабочий орган укладчика труб культивационных сооружений с дисковым присыпным устройством: 1 – щелерез; 2 – трубопроводное устройство; 3 – трубопровод; 4 – диски.

Fig. 1. Pipe layer with disc backfilling of hothouse farming: 1 – knife; 2 – device for directing of pipes; 3 – pipe; 4 – disc backfilling

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДИСКОВОГО ПРИСЫПАТЕЛЯ УКЛАДЧИКА ТРУБ ДЛЯ ПОДПОЧВЕННОГО ОБОГРЕВА КУЛЬТИВАЦИОННЫХ СООРУЖЕНИЙ

Параметры дисков присыпающего устройства обоснованы авторами исходя из потребности сохранения в пределах естественных теплопроводных характеристик грунта в зоне вокруг трубы.

Кроме того в ходе исследований принято, что объемы срезанного грунта укладываются в объемы тела обсыпки.

Для соответствующего процесса выше изложенное обеспечивается при условии равенства площадей сечения F_c тела среза и сечения F_n тела обсыпки (рис. 2), то есть:

$$F_c = k \cdot F_n, \quad (1)$$

где: k – коэффициент изменения плотности грунта, определяемый:

$$k = \frac{\rho_p}{\rho}, \quad (2)$$

где: ρ_p – плотность почвы, полученная в результате ее разработки; ρ – естественная плотность почвы. При этом форма дисков должна соответствовать форме тела присыпки.

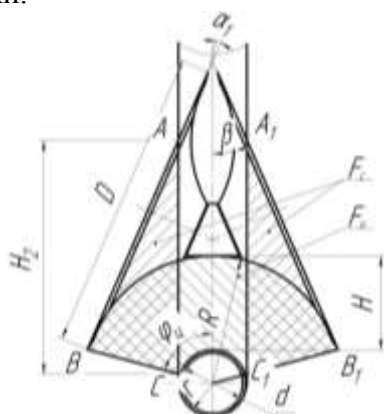


Рис. 2. Схема для определения параметров присыпающего устройства:

Fig. 2. Scheme for the determination of parameters of disc backfilling

Сохранение природных теплопроводных характеристик возможно при условии, что коэффициент изменения плотности грунта $k = 1$.

Площадь сечения тела среза определяем как сумму площадей равновеликих треугольников ABC и $A_1B_1C_1$:

$$F_c = 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot H_2 \cdot H \cdot \sin \varphi_u, \quad (3)$$

где: H – толщина слоя присыпки трубопровода; φ_u – угол между линией связи центра трубопроводного устройства с режущей кромкой диска и вертикальной осью укладчика в пределах соответствия

максимальных толщин среза и слоя присыпки трубопровода; H_2 – высота среза почвы диском присыпающего устройства, измеряемая от центра трубы.

Площадь сечения тела присыпки определяем как сумму площадей части кольца с центральным углом φ_u (в градусах):

$$F_n = \frac{2 \cdot \varphi_u \cdot \pi \times (H + d) \times H}{360^\circ}. \quad (4)$$

После подстановки выражений (3) и (4) в выражение (1), при условии, что $k = 1$, определим высоту среза почвы диском присыпающего устройства:

$$H_2 = \frac{\varphi_u \cdot \pi \cdot (H + d)}{180^\circ \cdot \sin \varphi_u}. \quad (5)$$

Угол установки диска определится:

$$\beta = \arctg \left(\frac{H \cdot \sin \varphi_u}{H_2 - H \cdot \cos \varphi_u} \right). \quad (6)$$

Подставляя выражение (5) в выражение (6) и выполняя некоторые упрощения, получим выражение для определения угла установки диска присыпающего устройства к вертикальной оси трубоукладчика:

$$\beta = \arctg \left(\frac{180^\circ \cdot H \cdot \sin^2 \varphi_u}{\varphi_u \cdot \pi \cdot (H + d) - 90^\circ \cdot H \cdot \sin 2\varphi_u} \right). \quad (7)$$

Диаметр диска присыпающего устройства определим с использованием теоремы синусов из треугольника ABC :

$$D = \frac{(H + d/2) \cdot \sin \varphi_u}{\sin \beta}. \quad (8)$$

В результате исследований зависимости (7) получены графические интерпретации взаимосвязи углов установки дисков к вертикальной оси укладчика β и толщины слоя присыпки H (рис. 3).

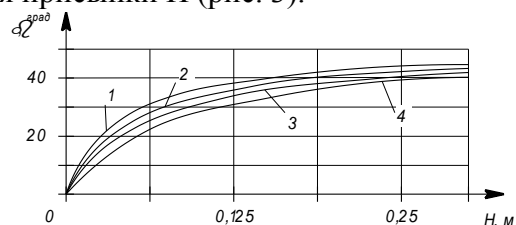


Рис. 3. Зависимости углов β установки дисков к вертикальной оси укладчика от толщины H слоя присыпки, при диаметре трубопровода: 1 – $d=0,032$ м; 2 – $d=0,04$ м; 3 – $d=0,05$ м; 4 – $d=0,063$ м.

Fig. 3. Dependence of the installation angles of disc backfilling to the vertical axis of the pipe layer β depending on backfilling layer H , with a

diameter of pipe: 1 – $d = 0,032$ m; 2 – $d = 0,04$ m; 3 – $d = 0,05$ m; 4 – $d = 0,063$ m

С целью проверки и подтверждения полученных теоретических результатов, авторами спланированы и выполнены экспериментальные исследования.

Экспериментальные исследования проводились на опытном полигоне Национального университета водного хозяйства и природопользования.

Опытный образец ножевого укладчика труб с дисковым присыпающим устройством (рис. 4) крепился на тракторе ДТ–75 с трехточечной навеской.



Рис. 4. Общий вид ножевого укладчика труб в культивационных сооружениях:

1 – трактор ДТ–75; 2 – трехточечная навеска; 3 – щелерез; 4 – трубонаправляющее устройство; 5 – дисковое присыпающее устройство

Опытный полигон характеризуется, преимущественно, супесчаным грунтом, имеющим плотность $1,5...1,8$ г/см³. Влажность грунта в период проведения опытов изменялась по глубине и составляла 12 ... 14%, число ударов ударника ДорНДИ составляло $S_{уд} = 4 ... 6$.

Полевые исследования осуществлялись с использованием опытного образца ножевого укладчика труб при укладке последних диаметром 50 мм на глубину 0,6 м с дисковым присыпающим устройством (рис. 5), изготовленным с углом установки дисков к вертикальной оси трубоукладчика 28° и высотой присыпки 0,1 м.

В ходе экспериментальных исследований подтверждена работоспособность разработанной конструкции укладчика. Разрушение почвы щелерезом происходило с формированием щели, а значит с уплотнением грунта в зоне вокруг трубы. Диски присыпающего устройства резали почву в ходе вращения. Присыпка трубы

осуществлялась качественно и на проектную высоту (рис. 6).



Рис. 5. Общий вид дискового присыпающего устройства

Fig. 5. The total view of disc backfilling



Рис. 6. Панорама исследований качества укладки труб

Fig. 6. Panorama of the research of quality of pipe laying

Определение плотности грунта велось по известной методике [6], с использованием бура Колесникова. При этом при плотности почвы на опытном полигоне в $1,7$ г/см³, в зоне присыпки и стенках щели последняя была в пределах $1,78 - 1,8$ г/см³.

ВЫВОДЫ

1. Рациональной является укладка труб для подпочвенного обогрева бестраншейным способом ножевыми рабочими органами с обеспечением принудительной присыпки труб, что позволяет сохранить близкую к естественной плотность грунта в зоне вокруг трубы и, соответственно, обеспечить качественную теплоотдачу и теплопередачу от труб к массиву, который требует обогрева.

2. Параметры присыпающего устройства для обеспечения присыпки труб на нужную высоту и сохранения природных теплопроводных характеристик грунта должны функционально соответствовать условию равенства площадей сечения тела

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДИСКОВОГО ПРИСЫПАТЕЛЯ УКЛАДЧИКА ТРУБ ДЛЯ ПОДПОЧВЕННОГО ОБОГРЕВА КУЛЬТИВАЦИОННЫХ СООРУЖЕНИЙ

среза и сечения тела присыпки. При этом форма дисков должна соответствовать форме тела присыпки.

3. Теоретические исследования подтверждены экспериментальными. С помощью последних установлено, что плотность грунта в массиве и теле присыпки трубопровода при укладке последнего ножевым укладчиком с дисковым присыпающим устройством увеличивается на 5...6%, что свидетельствует о качественной присыпке труб и, качественной укладке трубопроводов для культивационных сооружений и, соответственно, подтверждает эффективность ножевых укладчиков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Bolbot I. 2013. Mathematical model influence of thermal regime on growth // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 15 – 4. 153 – 158.
2. Gudz' V.P., Primak I.D., Bud'onni U.V. 2010. Zemlerobstvo. Pidruchnik – Kyiv: Vidavnitstvo «Tsentr uchbovoi literatury», – 464.
3. Kazakov V.S. 1986. Bestransheyniy i uzkotransheyniy drenazh – M: Rossel'hozizdat, – 70.
4. Katalog tekhniky «Times Asia Group Limited». 2012, China.
5. Khmara L.A., Kravets S.V. 2010. Mahsini dlya zemlyanikh robit. Navchal'niy posibnik – Rivne – Dnipropetrovs'k – Kharkiv, – 557.
6. Kostyuchenko M.M., Mokienko O.V. 2013. Laboratorniy praktikum iz vyznachennia fizychnykh ta fizyko – khimichnykh vlastivostey gruntiv. Posibnik – Kyiv, – 65.
7. Kravets S.V. 1999. Gruntozakhystni ta energozberigaiuchi mashini dlya prokladki pidzemnikh komunikatsiy. Navchal'niy posibnik – Rivne: Vidavnitstvo RDTU, – 278.
8. Kravets S.V., Romanovskiy A.L., Vasilchuk A.U. 2014. Ratsional'ni parametrynNozhovich beztransheynikh ukladachiv // Mechanizatsiya ta elektrifikatsiya sil'skogo gospodarstva, – No 99. 194 – 203.
9. Kravets S., Vasilchuk A., Romanovskiy A. 2013. Pipe Layer with disk backfilling // International Conference «Technical sciences:

Modern issues and development prospects», – No 1. 123 – 126.

10. Mironov A.S. 2011. Otsinca tehnologii v APK za dopomogoyu vyznachennia teplofizychnogo stanu gruntu // Tehnika i tekhnologii APK, – No 11. 36 – 40.

11. Pat. 17427, Ukraina, MPK E02F 5/10: Roboche obladnannya beztransheynogo ukladacha / Kravets S.V., Tkachuk V.F., Nechydyuk A.A. (Ukraina). – №u95052272; Zayavleno 10.10.1995; Opublikovano 31.10.1997. Byuleten No 5, 1997 r.

12. Pat. 99047, Ukraina, MPK A01B 13/08: Zemleriyna mashina / Kravets S.V., Romanovskiy A.L., Vasilchuk A.U (Ukraina). – №a201103131; Zayavleno 17.03.2011; Opublikovano 10.07.2013. Byuleten No 13, 2013 r.

13. Pinchuk O.L. 2011. Analiz konstruktssii teplomeliiorativnikh system // Visnik NUVGP, – No 53. – 85 – 94.

14. Sukach M., Novicov R. 2011. Soprotivleniye peschanogo grunta pry schelevom rezanii shyrokim nozhom // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 13 – C. 183 – 189.

15. Tkachuk V.F., Lukyanchuk O.P., Rizhii O.P. 2011. Agromeliiorativni bagatoyarusni glibokorozpushuvachi. Monografiya. – Rivne: Vidavnitstvo NUVGP, – 190.

SUBSTANTIATION OF THE PARAMETERS OF KNIFE PIPE LAYER WITH DISC BACKFILLING FOR UNDERGROUND HEATING OF HOthouse FARMING

Summary. The article presents new construction of knife pipe layer with disc backfilling of hothouse farming's pipes. There are results of theoretical and practice researches of disc backfilling of pipe layers. It also includes mathematical and graphical dependencies to the determine of parameters of disc backfilling that provide qualitative pipe laying with conservation the natural heat-conducting characteristics of the soil in the area around the pipe.

Key words: hothouse farming, underground heating, pipe layer, disc backfilling, heat transfer, density of the soil.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ДИЗЕЛЬНОГО БИОТОПЛИВА В УСЛОВИЯХ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ

Геннадий Голуб, Максим Павленко, Светлана Осауленко

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

Gennadiy Golub, Maksym Pavlenko, Svetlana Osaulenko

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Аннотация. Полученное выражение для определения величины соотношения объема реактора-эстерификатора и отстойника-накопителя дизельного биотоплива на основе минимизации затрат на производство дизельного биотоплива.

Ключевые слова: дизельное биотопливо, фермерское хозяйство, эффективность производства, срок окупаемости, реактор-эстерификатор, отстойник-накопитель.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Сравнительную оценку эффективности механизированных технологических процессов проводят, как правило, на основе экономических критериев. Основным среди них является затраты на производство продукции (определяется как сумма отчислений на техническое обслуживание и ремонт, заработной платы, стоимости топлива или электроэнергии и других составляющих) и срок окупаемости машин и оборудования. Некоторые параметры машин и оборудования (ширина захвата для полевых машин и вместимость их бункеров для продукции или удобрений, а также рабочая скорость движения по полю) устанавливаются на основе минимизации затрат на выполнение технологической операции. Применение таких подходов для определения параметров оборудования для производства дизельного биотоплива является актуальной задачей в условиях дефицита энергоносителей.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Сельское хозяйство является потребителем моторных топлив. В структуре затрат на производство сельскохозяйственной продукции удельный вес нефтепродуктов составил: в 2002 году – 17,5%, в 2005 году – 19, в 2008 году – 16,2, в 2011 году – 15,0 %.

Следует отметить, что в структуре затрат на производство продукции растениеводства за 2000-2011 годы доля нефтепродуктов составляет от 20 до 28%, в структуре затрат на производство продукции животноводства от 3,7 до 7% [6].

Учеными проведен значительный объем исследований по обоснованию параметров оборудования для производства дизельного биотоплива и оценке его эффективности [7 – 20]. В современных условиях существует принципиальная возможность создания и использования агропромышленных технологий производства дизельного биотоплива на основе упрощения промышленных технологий. Агропромышленная технология производства дизельного биотоплива удовлетворит потребности хозяйствующих субъектов собственным топливом для работы тракторных агрегатов, она доступна в материальных затратах и проста в использовании [2].

Получены также зависимости, позволяющие определить себестоимость производства масла и дизельного биотоплива для использования на замену дизельного биотоплива или смесей с ним в условиях сельскохозяйственного производства. Установлено, что в хозяйствах для собственных нужд устанавливаются мелкие установки и мини-заводы по производству дизельного биотоплива производительностью от 100 до 300 т в год, средняя производительность которых 2 т биотоплива в сутки. Преимуществом таких заводов является возможность комплектации оборудованием отечественного производства, стоимость которого ниже зарубежного. Сельскохозяйственные предприятия в этом случае имеют возможность экономить оборотные средства и при этом полностью обеспечивать себя дизельным биотопливом, а животноводческую отрасль жмыхом [4].

Установлено также, что производство дизельного биотоплива из рапсового масла в условиях сельскохозяйственного производства может быть экономически целесообразным только в случае, когда прибыль от производства дизельного биотоплива будет больше или равна прибыли, полученной от реализации зерна рапса [5].

Было установлено, что к 2002 году производство дизельного биотоплива было не рентабельно, что связано со сравнительно большими затратами на его производство и достаточно низкой ценой на дизельное топливо. Однако с ростом цен на топливо минерального происхождения рентабельность производства дизельного биотоплива существенно выросла, а с 2004 по 2007 превысила даже рентабельность производства продукции растениеводства, что еще раз подтверждает эффективность вложения средств и необходимость развития биотопливной отрасли [3].

Сельское хозяйство может быть отраслью, которая обеспечивает не только продовольственную безопасность страны, но и во многом может влиять на собственную энергетическую автономность и может создать конкурентную среду на рынке нефтепродуктов, реализуемых в аграрном секторе. Разница объемов продаж рапса для покупки дизельного топлива и производства биотоплива в 2000 составляла 8,5 т, 2005 – 4,6, в 2011 – 4,7 т. Анализируя объемы продаж пшеницы для покупки дизельного топлива или производства биотоплива, было установлено, что наибольшая разница наблюдалась в 2005 году – 68 т, 2008 – 19, в 2011 – 18 т. Существенная разница в объемах выращивания и продажи рапса и пшеницы для покупки или производства топлива является дополнительным аргументом для переоценки приоритетов при производстве сельскохозяйственной продукции и энергоносителей [1].

Таким образом, обоснование параметров оборудования для производства дизельного биотоплива на основе экономических показателей, а именно минимизации затрат на производство дизельного биотоплива в условиях фермерских хозяйств является актуальной задачей.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Определить экономическую эффективность производства дизельного биотоплива в условиях фермерских хозяйств и обосновать значение величины объема реактора-эстерификатора в зависимости от потребности в дизельном биотопливе.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Рассмотрим формализованную модель определения затрат на производство годовой партии дизельного биотоплива, которая с учетом общеизвестных принципов формирования себестоимости и с учетом некоторых упрощений, может быть записана следующим образом:

$$B = (k_A + k_{TOP})(K_P + K_B) + C_C t_O + B_C, \quad (1)$$

где: B – общие затраты на производство годовой партии дизельного биотоплива, грн.; k_A, k_{TOP} – коэффициенты отчислений на амортизацию и техническое обслуживание и ремонт оборудования, отн. ед.; K_P, K_B – балансовая стоимость оборудования для производства дизельного биотоплива, которое включает балансовую стоимость реактора-эстерификатора и отстойника-накопителя дизельного биотоплива, грн.; C_C – часовая ставка оператора, который обслуживает производство дизельного биотоплива, грн./час; t_O – время работы операторы при производстве годовой партии дизельного биотоплива, ч.; B_C – стоимость сырья и материалов для производства годовой партии дизельного биотоплива, грн.

Введем величину соотношения балансовой стоимости реактора-эстерификатора и отстойника-накопителя дизельного биотоплива, которая имеет значение, что не превышает единицу и обозначается следующим образом:

$$\alpha_K = \frac{K_P}{K_B} = \frac{C_P V_P}{C_B V_B} \leq 1, \quad (2)$$

где: α – величина соотношения объемов реактора-эстерификатора и отстойника-накопителя дизельного биотоплива, отн. ед.; C_P, C_B – балансовая стоимость единицы объема реактора-эстерификатора и отстойника – накопителя дизельного биотоплива соответственно, грн./м³; V_P, V_B –

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ДИЗЕЛЬНОГО БИОТОПЛИВА В УСЛОВИЯХ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ

объем реактора–эстерификатора и отстойника-накопителя дизельного биотоплива соответственно, м³, а также величину соотношения объема реактора–эстерификатора и отстойника-накопителя дизельного биотоплива:

$$\alpha_V = \frac{V_P}{V_B} \leq 1. \quad (3)$$

Тогда выражение для определения затрат на производство годовой партии дизельного биотоплива запишется следующим образом:

$$B = (k_A + k_{TOP})(1 + \alpha_K)K_B + \chi_C \frac{t_{PC} C_B}{\alpha_K C_P} + B_C, \quad (4)$$

где: t_{PC} – время работы операторы при производстве дизельного биотоплива в течение одного цикла загрузки реактора–эстерификатора, ч.

Для того, чтобы установить минимальное значение величины соотношения объема реактора–эстерификатора и отстойника–накопителя дизельного биотоплива проведем исследование полученного выражения на экстремум, путем его дифференцирования и приравнивания первой производной к нулю:

$$\frac{dB}{d\alpha_K} = (k_A + k_{TOP})K_B - \frac{\chi_C t_{PC} C_B}{2\alpha_K^2 C_P} = 0, \quad (5)$$

откуда:

$$\alpha_K = \sqrt{\frac{\chi_C t_{PC} C_B}{2(k_A + k_{TOP})K_B C_P}}. \quad (6)$$

Подставив значения зависимых величин, получим:

$$\begin{aligned} \frac{C_P V_P}{C_B V_B} &= \sqrt{\frac{\chi_C t_{PC} C_B}{2(k_A + k_{TOP})C_B V_B C_P}} = \\ &= \sqrt{\frac{\chi_C t_{PC}}{2(k_A + k_{TOP})V_B C_P}}, \end{aligned} \quad (7)$$

тогда:

$$\begin{aligned} V_P &= \sqrt{\frac{\chi_C t_{PC} C_B^2 V_B^2}{2(k_A + k_{TOP})V_B C_P^3}} = \\ &= \sqrt{\frac{\chi_C t_{PC} V_B C_B^2}{2(k_A + k_{TOP}) C_P^3}}. \end{aligned} \quad (8)$$

Анализ данного выражения показывает, что величина объема реактора–эстерификатора определяется в первую очередь объемами годовой партии производства дизельного биотоплива. Кроме

того, чем больше затраты на производство дизельного биотоплива в течение одного цикла, тем больше должен быть объем реактора – эстерификатора. Объем реактора–эстерификатора также увеличивается при увеличении цен изготовления отстойника – аопителя в прямой зависимости и уменьшается при увеличении цен реактора – эстерификатора в квадратичной зависимости.

Производственные затраты на получение дизельного биотоплива с помощью оборудования БДУ–100 производительностью 100 л/час на протяжении 2008 – 2012 гг. приведены в таблице 1.

С таблицы видно, что производственные затраты за последние 5 лет фактически удвоились, что обусловлено увеличением стоимости оборудования, стоимости электроэнергии и ростом заработной платы.

Технико–экономические показатели производства дизельного биотоплива (табл. 2) определялись при его выходе из масла 95%, расходе рапсового масла 53 т/год, выходе глицеринового осадка 11 т/год, соотношении метанола и масла 0,14 отн. ед. и катализатора и метанола 0,1 отн. ед. и соответственно расходе метанола 7,37 т/год и расходе катализатора 0,74 т/год. Теплотворная способность дизельного топлива при расчетах принималась на уровне 42 МДж/кг, а дизельного биотоплива – 37 МДж/кг. Плотность дизельного биотоплива принималась на уровне 840 кг/м³. Ставка амортизационных отчислений принималась на уровне 8 %, а отчислений на техническое обслуживание и ремонт на уровне 6 %. Удельные затраты электроэнергии составляли 9,1 кВт ч./т (установленная мощность 1 кВт, коэффициент использования мощности 0,8 отн. ед.). Величина отчисления в социальные фонды с зарплаты принимались на уровне 37,8%.

Анализ экономических показателей производства дизельного биотоплива показал, что средний срок окупаемости оборудования не превышает одного года при годовой производительности оборудования, превышающей 60 т/год.

ВЫВОД

Полученное выражение для определения величины соотношения объема реактора - эстерификатора и отстойника-накопителя дизельного биотоплива позволяет минимизировать затраты на изготовление

реактора-эстерификатора для производства дизельного биотоплива.

Оценку экономической эффективности производства дизельного биотоплива целесообразно осуществлять с учетом индивидуальных особенностей конкретного фермерского хозяйства.

Таблица 1. Производственные затраты на получение дизельного биотоплива
Table 1. Production costs of biodiesel production

| Марка оборудование | БДУ-100 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
|--------------------------------------------|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Производительность | л/час. | 100 | | | | |
| | т/год | 50 | | | | |
| Капиталовложения | грн. | 29000 | 33263 | 35558 | 37941 | 39686 |
| Амортизационные отчисления | грн./год | 2320 | 2661 | 2845 | 3035 | 3175 |
| | грн./т | 46,40 | 53,22 | 56,89 | 60,70 | 63,50 |
| Отчисления на ТО | грн./год | 1740 | 1996 | 2133 | 2276 | 2381 |
| | грн./т | 34,80 | 39,92 | 42,67 | 45,53 | 47,62 |
| Стоимость электроэнергии | грн./кВт-час. | 0,43 | 0,52 | 0,60 | 0,73 | 0,73 |
| Расходы на электроэнергию | грн./т | 3,88 | 4,73 | 5,44 | 6,66 | 6,66 |
| Количество обслуживающего персонала | чел. | 1 | | | | |
| Месячная зарплата обслуживающего персонала | грн./мес. | 1101 | 1220 | 1467 | 1853 | 2077 |
| Фонд зарплаты персонала | грн./год | 18206 | 20174 | 24258 | 30641 | 34345 |
| | грн./т | 364,12 | 403,48 | 485,17 | 612,82 | 686,91 |
| Всего расходов | грн./т | 402,80 | 448,12 | 533,28 | 665,01 | 741,19 |
| Общепроизводственные расходы | % | 5 | | | | |
| | грн./т | 20,14 | 22,41 | 26,66 | 33,25 | 37,06 |
| Общехозяйственные расходы | % | 10 | | | | |
| | грн./т | 40,28 | 44,81 | 53,33 | 66,50 | 74,12 |
| Удельные производственные затраты | грн./т | 463,22 | 515,34 | 613,27 | 764,76 | 852,37 |

Таблица 2. Технико-экономические показатели производства дизельного биотоплива
Table 2. Technical and economic parameters of biodiesel production

| Марка оборудования | БДУ-100 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
|--------------------------------------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|
| Стоимость метанола | грн./т | 5000 | 5660 | 6424 | 8011 | 8596 |
| Стоимость катализатора | грн./т | 17800 | 20150 | 22870 | 28519 | 30600 |
| Стоимость реактивов | грн./т | 999,16 | 1131,05 | 1283,74 | 1600,82 | 1717,68 |
| Цена глициринового осадка | грн./т | 1355 | 1534 | 1741 | 2171 | 2329 |
| Стоимость глициринового осадка | грн./т | 290,97 | 329,38 | 373,84 | 466,18 | 500,21 |
| Себестоимость масла | грн./т | 2930 | 3857 | 4523 | 6209 | 6492 |
| Стоимость масла | грн./т | 3085 | 4060 | 4762 | 6536 | 6834 |
| Себестоимость производства ДБП | грн./т | 4256 | 5377 | 6285 | 8435 | 8904 |
| Стоимость ДТ в год использования ДБП | грн./л | 5,19 | 6,43 | 8,97 | 9,51 | 9,27 |
| | грн./т | 6175 | 7653 | 10683 | 11326 | 11033 |
| Прибыль | грн./т | 869 | 955 | 2661 | 908 | 152 |
| Прибыль после налогообложения | грн./т | 609 | 668 | 1863 | 636 | 106 |
| Рентабельность | % | 14,3 | 12,4 | 29,6 | 7,5 | 1,2 |
| Срок окупаемости | год | 0,95 | 1,00 | 0,38 | 1,19 | 7,48 |
| Среднее значение | год | 2,2 | | | | |

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ДИЗЕЛЬНОГО БИОТОПЛИВА В УСЛОВИЯХ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ

величины соотношения объема реактора – эстерификатора и отстойника–накопителя дизельного биотоплива позволяет минимизировать затраты на изготовление реактора-эстерификатора для производства дизельного биотоплива.

Оценку экономической эффективности производства дизельного биотоплива целесообразно осуществлять с учетом индивидуальных особенностей конкретного фермерского хозяйства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Golub G.A. Analiz dinamiki spivvidno-shennya tsin na zerno ta palivo dlya dizeliv / Golub G.A., Luk'yanets S.V. // Naukovi pratsi Pivdenного filialu Natsionalного universi-tetu bioresursiv i prirodokoristuvannya Ukraini "Krimskiy agrotekhnologichniy universitet": Yekonomichni nauki. Vip. 152 – Simferopol: VD "ARIAL", 2013. – 101–109.
2. Golub G.A. Analiz tekhnologiy virobnitstva roslinnoi olii ta dizelnogo biopaliva na ii osnovi / G.A. Golub, M.Yu. Pavlenko, S.V. Luk'yanets // Problemi tekhniko–tekhnologichного zabezpechennya yenergetichnoi avtonomnosti agroyekosistem. – Tekhniko-tekhnologichni aspekti rozvitku ta viprobuvannya novoi tekhniki i tekhnologiy dlya silskogo gospodarstva Ukraini: Zbirnik naukovikh prats / DNU "UkrNDI prognozuvannya ta viprobuvannya tekhniki i tekhnologiy dlya s. – g. virobnitstva imeni Leonida Pogorilogo" (UkrNDIPVT im. L. Pogorilogo); Redkolegiya: Kravchuk V.I. (golovniy redaktor) ta inshi. – Doslidnitske, 2012. – Vip. 16 (30), kniga 2. – 491 – 391–398.
3. Golub G.A. Investitsiyina privablivist virobnitstva i vikoristannya dizelnogo biopaliva / Golub G.A., Luk'yanets S.V. // Yekonomika APK. – 2013. – № 2. – 54–60.
4. Golub G.A. Sobivartist virobnitstva olii ta dizelnogo biopaliva v umovakh silskogospodarskikh pidpriyemstv / Golub G.A., Luk'yanets S.V. // Suchasni problemi zbalansovanogo prirodokoristuvannya: Zbirnik naukovikh prats / Podilskiy derzhavniy agrarnotekhnichniy universitet (PDATU); Naukoviy redaktor: Bakhmat M.I. – Kam'yanets–Podilskiy, 2012. – Spetsialniy vipusk do VII naukovo-praktichnoi konferentsii. – 207–212.
5. Luk'yanets S.V. Yefektivnist virobnitstva dizelnogo biopaliva v umovakh silskogospodarskikh pidpriyemstv / S.V. Luk'yanets, G.A. Golub, M.Yu. Pavlenko // Rozvitok agrarnoi nauki u suchasnikh umovakh: Zbirnik tez naukovikh robit mizhnarodnoi naukovo–praktichnoi konferentsii, 12-13 zhovtnya 2012 r. – Lviv: Lvivska agrarna fundatsiya, 2012. – 34–38.
6. Silske gospodarstvo Ukraini. Stat. zb.; za red. Yu.M. Ostapchuka. – K.: Derzhavna sluzhba statistiki Ukraini, 2011. – 370.
7. Obruntuvannya adaptivного protsesu i parametriv reaktora dlya oderzhannya metilovikh yefiriv roslinnykh oliy: avtoref. dis. ... kand. tekhnichnikh nauk: 05.05.11 – mashini i zasobi mekhanizatsii silskogospodarskogo virobnitstva / S.V. Dragniyev; Natsionalniy universitet bioresursiv i prirodokoristuvannya Ukraini (K.). – K., 2009. – 20.
8. Obruntuvannya kharakteristik obladnannya dlya virobnitstva ridkogo biopaliva z tekhnichnikh tvarinnikh zhiriv: avtoref. dis. ... kand. tekhnichnikh nauk: 05.18.12 – protsesi ta obladnannya kharchovikh, mikrobiologichnikh ta farmatsevtichnikh virobnitstv / M.M. Mushtruk; Natsionalniy universitet kharchovikh tekhnologiy. – K., 2014. – 23.
9. Polishchuk V. Alternativnyye dizelnyye topliva / Viktor Polishchuk, Valeriy Dubrovin, Aleksey Polishchuk // MOTROL. Motoryzacja i energetyka rolnictwa/ – Lublin. T. 14C. – 20–31.
10. Mushtruk M. Intensifikatsiya protsesa preobrazovaniya zhirov v dizelnoye biotopливо. Mikhail Mushtruk, Yuriy Sukhenko, Vladislav Sukhenko // MOTROL. Motoryzacja i energetyka rolnictwa/ – Lublin. T. 14C. – 96–103
11. Jevič P. Technical standart for rapeseed oil as fuel / Petr Jevič, Valeriy Dubrovin, Eugeniusz Krasowski // MOTROL. Motoryzacja i energetyka rolnictwa/ – Lublin. T. 14C. – 4–8.
12. Mushtruk M.M. Tekhnologii i obladnannya dlya virobnitstva dizelnogo biopaliva z roslinnykh oliy i tvarinnikh zhiriv / M.M. Mushtruk, Yu.G. Sukhenko, V.Yu. Sukhenko // Naukoviy visnik Natsionalного universitetu bioresursiv i prirodokoristuvannya Ukraini.

- Seriya: tekhnika ta yenergetika APK / Redkol.: D.O. Melnichuk (vidp. red.) ta in. – K., 2013. Vip 185, ch.3. – 259-267.
13. Polishchuk V.M. Zastosuvannya biopaliv dlya dizelnykh dviguniv / V.M. Polishchuk, S.V. Dragnyev, I.I. Ubozhenko, M.Yu. Pavlenko, O.V. Polishchuk // Naukoviy visnik Natsionalnogo agrarnogo universitetu / Redkol.: D.O. Melnichuk (vidp. red.) ta in. – K., 2008. Vip 125. – 315 – 319.
14. Alternativna energetika: [navch. Posibnik dlya vishch. navch. zakl.] / M.D. Melnichuk, V.O. Dubrovin, V.G. Mironenko, I.P. Grigoryuk, V.M. Polishchuk, G.A. Golub, V.S. Targonya, S.V. Dragnyev, I.V. Svistunova, S.M. Kukharets. – K.: «Agrar Media Grup», 2011. – 612.
15. Biologichni resursi i tekhnologii virobnitstva biopaliva: Monografiya / Ya.B. Blyum, G.G. Geletukha, I.P. Grigoryuk, K.V. Dmitruk, V.O. Dubrovin, A.I. Yemets, G.M. Zabarniy, G.M. Kaletnik, M.D. Melnichuk, V.G. Mirinenko, D.B. Rakhmetov, A.A. Sibirniy, S.P. Tsigankov – K.: «Agrar Media Grup», 2010. – 408.
16. Bioyenergiya v Ukraini – Rozvitok silskikh teritoriy ta mozhlivosti dlya okremikh gromad: [naukovo–metodichni rekomendatsii shchodo vprovadzhennya peredovogo dosvidu agrarnikh pidpriyemstv Polshchi, Litvi ta Ukraini zi stvorenniya novitnykh obyektiv bioyenergetiki, yefektivnogo virobnitstva i vikoristannya biopaliva] / Za redaktsiyeyu V.O. Dubrovina, Anni Gzhibek ta V.M. Lyubarskogo. – K.: 2009. – 111.
17. Novitni tekhnologii bioyenergokonversii: Monografiya / Ya.B. Blyum, G.G. Geletukha, I.P. Grigoryuk, V.O. Dubrovin, A.I. Yemets, G.M. Zabarniy, G.M. Kaletnik, M.D. Melnichuk, V.G. Mirinenko, D.B. Rakhmetov, S.P. Tsigankov – K.: «Agrar Media Grup», 2010 – 326.
18. Kalenska S. Dizelnoye biopalivo: sirovina, tekhnologi virobnitstva i vlastivosti: Monografiya / S. Kalenska, D. Rakhmetov, V. Kalenskiy, A. Yunik, Ye. Kachura, M. Owczuk, K. Kolodziejczyk, V. Makareviciene, E. Zaleckas – Kaunas, 2011 – 105.
19. Alternativna energetika: [navch. posibnik dlya stud. vishch. navch. zakl.] M.D. Melnichuk, V.O. Dubrovin, V.G. Mironenko, I.P. Grigoryuk, V.M. Polishchuk, G.A. Golub, V.S. Targonya, S.V. Dragnyev, I.V. Svistunova, S.M. Kukharets. – K.: «Agrar Media Grup», 2012. – 244.
20. Kompleksni yenergooshchadni sistemi virobnitstva i vikoristannya tverdikh ta ridkikh biopaliv v umovakh APK: rekomendatsii dlya agropromislovikh pidpriyemstv Ukraini / [M.D. Melnichuk, V.O. Dubrovin, V.G. Mironenko, V.M. Polishchuk ta in.]; NUBiP Ukraini. – K.: NUBiP Ukraini., 2011. – 66 – 70.

COST-EFFECTIVE PRODUCTION OF BIODIESEL IN THE FARMS

Summary. The expression for the determination of the volume ratio of esterification reactor and tank storage biodiesel based on minimizing the biodiesel cost production is received.

Key words: biodiesel, farming, efficiency, payback period, esterification reactor, tank storage.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ УДАЛЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ НАВОЗА В ОРГАНИЧЕСКИЕ УДОБРЕНИЯ И БИОГАЗ

Геннадий Голуб, Роман Швец

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

Gennadiy Golub, Roman Shvets

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Аннотация. Приведена технологическая схема удаления подстилочного навоза из животноводческих помещений с последующей переработкой его в органические удобрения и биогаз.

Ключевые слова: биогаз, компост, подстилочный навоз, навозная жижа, удаление навоза, крупный рогатый скот, свиньи, подстилка.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Навоз животноводческих ферм содержит значительное количество минеральных и органических трудноокисляемых соединений и является благоприятной средой для развития и жизнедеятельности различных групп микроорганизмов, включая возбудителей инфекционных болезней, что обуславливает необходимость в его обеззараживании. Метановое сбраживание навоза стоит оценивать как локальный способ охраны окружающей среды, что одновременно улучшает энергетический баланс фермы за счет получения биогаза. Однако, процесс метанового сбраживания не позволяет достичь необходимых показателей сброженной массы за санитарно-гигиеническими требованиями. В то же время, процесс компостирования навоза, в том числе и с добавлением сброженной массы, полученной во время метанового сбраживания, обеспечивает основные требования охраны окружающей среды.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Экскременты животных - это гетерогенная неоднородная смесь, в состав которой входят твердые частицы, что составляют дисперсную фазу, а также жидкую фазу (дисперсная среда), что является водным раствором солей, кислот и

щелочей. Химический состав экскрементов определяет их ценность для использования в сельском хозяйстве и зависит в основном от кормового рациона, качества кормов и вида животных. Это объясняется тем, что с экскрементами выделяется основная доля питательных веществ, употребляемыми животными с кормами [2, 3]. В зависимости от влажности и наличия подстилки навоз подразделяют на подстилочный (влажность до 85%) и бесподстилочный. Различают такие категории бесподстилочного навоза: полужидкий влажностью – до 92%°, жидкий – до 97% и навозные стоки – влажностью более 97% [19]. На выход навоза влияет количество экскрементов, объем воды, поступающей в систему навозоудаления, количество механических включений, которые удаляются из помещений вместе с экскрементами [1, 18].

При переработке органических отходов в анаэробных условиях образуется горючий газ, который на 60% состоит из метана, и сброженная биомасса, которая содержит почти весь азот и другие питательные вещества, которые находились в исходном растительном материале. Метанобразующие бактерии являются исключительно анаэробами. На первой стадии процесса ферментации из растительной и фекальной массы образуются летучие жирные кислоты (уксусная, масляная). Кислоты (за исключением уксусной) служат дальше субстратом для группы уксуснокислых бактерий. В результате совместного действия этих групп бактерий образуются уксусная кислота, водород и углекислый газ, которые являются подходящим субстратом для метанобразующих бактерий [9, 14, 12, 16].

Анализ существующих систем метанового сбраживания показывает, что в практике применяются системы: без подогрева исходного сырья, что загружается,

когда температурный режим обеспечивается нагревательными элементами метантенка; с подогревом исходного сырья до температуры сбраживания; с предварительным подогревом исходного сырья, за счет утилизации тепла параллельно проходящих процессов и доведением температуры исходного сырья до температуры сбраживания [2, 4, 10, 14, 20].

Применение установок по утилизации и переработке отходов животноводства методом метанового сбраживания позволяет:

- резко улучшить экологическую ситуацию в районе расположения ферм;
- получить обеззараженные органические удобрения, использование которых способствует восстановлению земельных ресурсов, плодородия почв и увеличение урожайности;
- получить очищенные в санитарно-гигиеническом отношении стоки, пригодных для производства на их основе органоминеральных удобрений;
- снизить энергозатраты фермы за счет получаемого биогаза;
- повысить культуру производства и улучшить условия труда;
- снизить возможность заболевания людей и животных.

В мировой практике в настоящее время очищения и обеззараживания жидкого навоза и помета осуществляют следующими методами: биологическим, физическим и химическим. Биологические методы основаны на биологическом разрушении и минерализации органических веществ микроорганизмами двух типов: аэробами, которые развиваются в присутствии кислорода и анаэробами, которые развиваются без доступа кислорода. Физические методы основаны на эффекте воздействия тепловой энергии, облучения, или электрического поля на обрабатываемую среду. Химические методы основаны на применении химических средств для обеззараживания навоза и используются в основном для профилактики возможного распространения инфекционных болезней и заражения гельминтами животных, птицы и людей.

Каждый из приведенных методов не позволяет осуществить комплексную

переработку отходов, поэтому технология утилизации базируется на каком-то из приведенных методов в сочетании с другими технологическими процессами, как общего, так и специального назначения. Такими наиболее распространенными процессами являются отстаивание и сгущение, разделение и перемешивание, нагрев и охлаждение, утилизация тепла, производство тепловой и электрической энергии и др.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Усовершенствовать технологическую схему удаления навоза из животноводческих помещений с аэробной подготовкой его к дальнейшей переработки в биогазовых установках и с использованием подстилочного навоза и сброженной массы в процессе компостирования.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Подготовка исходного сырья во многом определяет дальнейший ход процесса и в значительной степени определяет построение технологической схемы удаления и обеззараживания или переработки навоза в целом.

Температурный оптимум процесса метанового сбраживания лежит в пределах от 35 до 55⁰С, кроме того в жидком навозе содержится значительное количество минеральных включений, наличие которых не желательно при внесении биомассы в биогазовую установку, так как они не принимают участия в метановом сбраживании.

При выборе методов удаления навоза с дальнейшей подготовкой его к анаэробному сбраживанию, основными факторами процесса, определяющие схему установки на этапе подготовки сырья являются: суточный объем навоза, доза суточной загрузки метантенка, доза разовой загрузки; содержание в навозе сухого вещества; состав, свежесть и начальная температура навоза; значение водородного показателя рН; наличие, размер и количество механических включений; соотношение С:N.

С учетом этих факторов на этапе подготовки должны быть решены

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ УДАЛЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ НАВОЗА В ОРГАНИЧЕСКИЕ УДОБРЕНИЯ И БИОГАЗ

следующие задачи: сбор и накопление исходного сырья с учетом его суточного выхода; доведение сырья до требований технологии по соотношению C:N и по влажности; отделение механических включений; измельчение твердых частиц и гомогенизация сырья; подогрев исходного сырья до температуры процесса.

При решении задачи сбора и накопления исходного сырья следует учитывать принятую в конкретном хозяйстве систему удаления навоза из помещений для животных, суточный объем навоза и его состав.

Подготовка сырья должна обеспечиваться в необходимом объеме, равна дозе загрузки метантенка. Количество загрузок метантенка за сутки должна определяться технологией. При этом коэффициент использования оборудования должен быть максимально возможным. Одним из основных технологических параметров метанового сбраживания является температурный режим, который во многом определяет экономичность процесса и установки в целом.

Загрузки метантенка исходным сырьем без подогрева требует четкого соответствия дозы загрузки, поскольку загрузка исходного сырья без предварительного подогрева снижает эффективность сбраживания.

Исходя из этих факторов, нами была предложена технологическая схема (рис. 1), которая позволяет проводить удаление навоза с последующей переработкой с помощью анаэробного сбраживания навоза и компостирования подстильного навоза и сброженной биомассы.

Предложенная технологическая схема позволяет: разделять навоз на навозную жижу и подстильный навоз транспортером-разделителем; подготовить гной до метанового брожения в подогревателе-выдерживателе за счет аэробной ферментации и подогрева; провести анаэробное сбраживание навоза и завершить процесс переработки путем компостирования подстильного навоза и сброженной биомассы, после чего полученные продукты использовать в качестве органических удобрений.

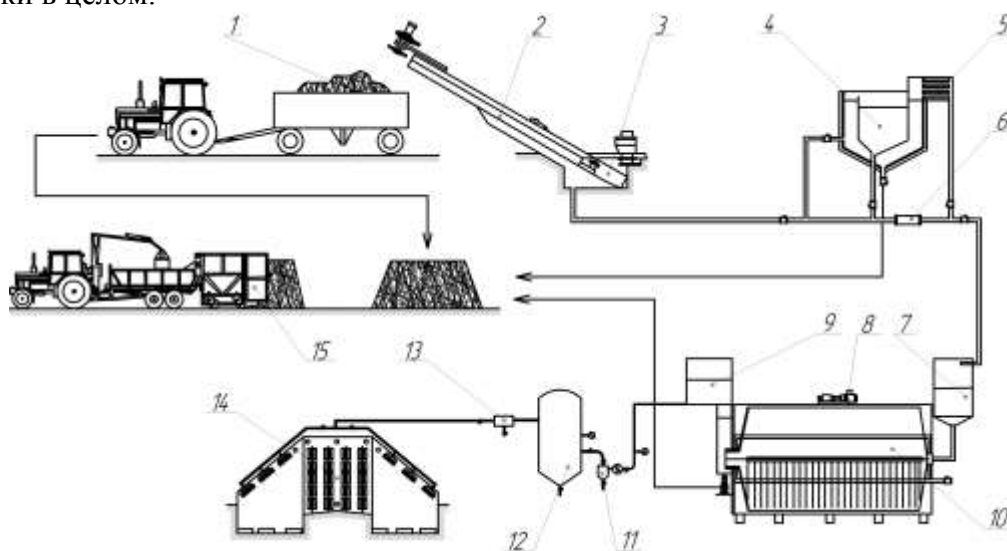


Рис. 1. Усовершенствованная технологическая схема удаления и переработки навоза: 1 – подстильный навоз; 2 – наклонный транспортер–разделитель; 3 – навозосборник; 4 – подогреватель–выдерживатель; 5 – теплообменник; 6 – насос; 7 – теплообменник; 8 – приводная станция биореактора; 9 – инокулятор; 10 – биореактор; 11 – влагоотделитель; 12 – газгольдер; 13 – газовый редуктор; 14 – теплица; 15 – площадка и оборудование для компостирования.

Fig. 1. Advanced technological scheme of disposal and processing of manure: 1 – bedding manure; 2 – inclined conveyor–separator; 3 – collection of manure; 4 – heater–heat exchanger; 5 – exchanger; 6 – pump; 7 – exchanger; 8 – drive station bioreactor; 9 – inoculator; 10 – bioreactor; 11 – gas dryer; 12 – gasometer; 13 – gas reducer; 14 – greenhouse; 15 – playground and facilities for composting.

Поскольку подстилка является фактором, которым можно регулировать влажность навоза, то можно спрогнозировать примерный выход компоста и биогаза от одного условного животного на сутки при разном количестве подстилки на основе использования следующих уравнений:

$$m_k = k_B (m_G + m_{II}), \quad (1)$$

где: m_k - удельный выход компоста при нормальных условиях, кг/гол. в сутки; k_B - коэффициент выхода компоста, отн. ед.; m_G - выход навоза, кг; m_{II} - количество вносимой подстилки, кг;

$$V_{BG} = \left(1 - \frac{W_{BM}}{100}\right) k_{OM} k_{OM}^P \frac{m_{BG}}{\rho_{BG}} m_{BM} 1000 \text{ .}, \quad (2)$$

где: V_{BG} - удельный выход биогаза за сутки из реактора при нормальных условиях, л/гол. в сутки; ρ_{BM} - плотность биомассы, кг/м³; W_{BM} - влажность биомассы, %; k_{OM} - содержание органической массы по отношению к общему количеству сухой массы, кгОМ/кгСМ; k_{ROM} - количество разложенной за сутки органической массы по отношению к общему количеству органической массы, кгРОМ/кгОМ; m_{BG} - выход биогаза в расчете на единицу разложенной органической массы, кгБГ/кгРОМ; ρ_{BG} - плотность биогаза при нормальных условиях, кг/м³; m_{BM} - выход биомассы, что направляется на сбраживание, кг.

Расчеты показывают (рис. 2), что уменьшение внесения подстилки для КРС с 7

до 5 кг/гол. в сутки приводит к увеличению выхода количества биогаза вдвое с 20 до 40 л/гол. в сутки, зато выход компоста при условии возврата сброженной биомассы после метантенка при этом практически не изменяется и находится в пределах от 37 до 38 кг/гол. в сутки. Для свиней выход биогаза при уменьшении дозы подстилки с 6 до 5 кг/гол. в сутки увеличивается с 10 до 23 л/гол. в сутки, а уже при уменьшении внесения подстилки с 3 до 2 кг/гол. в сутки выход биогаза составил 43 и 50 л/гол. в сутки соответственно, а выход компоста при вышеупомянутых условиях находится в пределах от 22 до 24 кг/гол. в сутки. При содержании животных в условиях недостаточного количества подстилки с целью обеспечения увеличения количества навозной жижи для метанового брожения, часть соломы, которая не была использована в качестве подстилки животным должна быть добавлена к компостной смеси для обеспечения оптимального соотношения С:Н. Увеличение выхода биогаза при уменьшении количества подстилки объясняется увеличением количества навоза, что не поглощается подстилкой в подстилочном навозе и которая в дальнейшем направляется на дальнейшее метановое сбраживание после разделения.

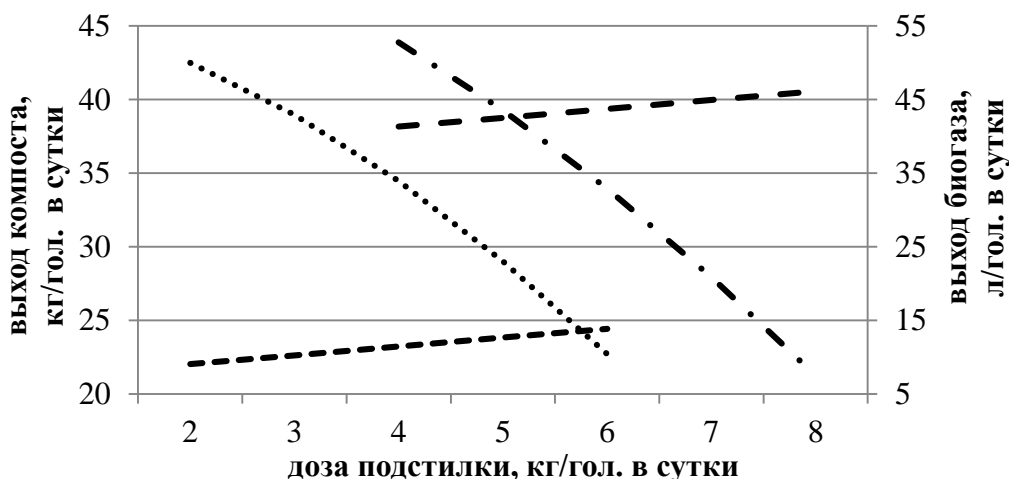


Рис. 2. Влияние дозы подстилки на выход биогаза и компоста
 Fig. 2. The influence of a dose of litter on the yield of biogas and compost

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ УДАЛЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ НАВОЗА В ОРГАНИЧЕСКИЕ УДОБРЕНИЯ И БИОГАЗ

ВЫВОД

Усовершенствованная технологическая схема удаления и переработки навоза позволяет обеспечить подготовку навоза до метанового брожения, проведение ее анаэробного сбраживания и компостирования подстилочного навоза и сброженной навозной жижи. Причем, в расчете на одну голову КРС возможно получить примерно от 38 до 40,6 кг/сутки компоста при возврате сброженной навозной жижи на компостирование и от 7,5 до 53 л/сутки биогаза в зависимости от дозы внесения подстилки, а для свиней, соответственно – от 22 до 24,5 кг/сутки компоста и от 10,5 до 50 л/сутки биогаза.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Batsanov I.I. Uborka i utilizatsiya navoza na svinovodcheskih kompleksah / Batsanov I.I., Lukyanenkov I.I. – М.: Rosselhozizdat, 1977. – 160.
2. Beker M.E. Transformatsiya produktov fotosinteza / [Beker M.E., Shvinka Yu.E., Luka V.T. i dr.]. – Riga.: 1984. – 249.
3. Bogdanov P.V. 1982. Osnovnye faktory, vliyayushchie na intensivnost' anaerobnogo sbrazhivaniya navoza / Bogdanov P.V., Shramkov V.M., Durdybaev S.D. // Issledovanie, proektirovanie i stroitel'stvo sistem sooruzheniy metanovogo sbrazhivaniya navoza. Tez. dokl. М.: 29 – 31.
4. Denisenko G.I. 1983 Vozobnovlyaemye istochniki energii / Denisenko G.I. – К.: Vischa shkola, 58.
5. Dolgov V.S. 1984: Gigiena uborki i utilizatsii navoza / Dolgov V.S. – М.: Rossel'hozizdat. – 175.
6. Dubrovina O. 2013: Rezultati isledovaniy metanovoj fermentatsii mnogo-komponentnogo substrata/ O. Dubrovina – Motrol, 15. №3. – 179–187.
7. Flys I. 2010: Engineer project management of production and processing complex / I. Flys – Motrol, 12 – 75–81.
8. Golub G.A. 2007: Agropromislove virobnictvo istivnih gribiv. Mehaniko–tehnologichni osnovi / G.A. Golub. – К.: Agrarna nauka. – 332.
9. Kiryushatov A.I. 1989. / Ispolzovanie vtorichnyh i vozobnovlyaemyh energore-surov v sel'skom hozyaystve / Kiryushatov A.I. – Saratov: Saratovskiy sel'skoho-zyaystvennyy institut, – 96.
10. Kovalev A.A. / Intensifikatsiya protsessa metanovogo sbrazhivaniya navoza krupnogo rogatogo skota/ Kovalev A.A., Gridnev P.I., Losyakov V.P. // Mehaniza-tsiya i elektrifikatsiya s/h – 1985, 5-7.
11. Metodicheskie 1983: Metodicheskie rekomendacii po proektirovaniyu sistem udaleniya, obrabotki, obezzarzhivaniya, hraneniya i utilizatsii navoza i pometa / – М.: Kolos. – 61.
12. Patent 2013: Patent na korisnu model № 18512 Ukraina, MPK (2013.01), A01K 23/00. Sposib vidalennja ta pidgotovki pidstilkovogo gnoju do utilizatsii / Golub G.A., Zabolod'ko O.O., Hmelovskij V.S., Marus O.A.; vlasnik Nacional'nij universitet bioresursiv i prirodokoristuvannja Ukraini – Zajav. 08.02.2012, № a 201201345; Opubl. 10.07.2013, Bjul. № 13.
13. Rukovodstvo 2010: Rukovodstvo po biogazu ot poluchenija do ispol'zovaniya/: Identifikacionnyj nomer proekta (FKZ/INP): 22005108/ Nemeckij centr issledovaniya biomassy Torgauer StraÙe 116- 04347 Leipzig [5-e polnostju pererab. izd.] Gjulcov: izdano agentstvom po vozobnovljaemih resursam (FNR) Fechagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. – 214.
14. Sistemi 2006: Sistemi vidalennja, obrobki, pidgotovki, ta vikoristannja gnoju: VNTP–APK 09.06. Ofic. vidannja / – К.: Ministerstvo agrarnoi politiki Ukraini. – 100.
15. Tehnologija 2014: Tehnologija pererobki biologichnih vidhodiv u biogazovih ustanovkah z oberto-vimi reaktorami / [Golub G.A., Sidorchuk O.V., Kuharec S.M., ta in.]; za red. d-ra tehn. nauk, prof. G.A. Golub. – К.: Vidavnicij centr NUBiP Ukraini, – 106.
16. Tuva V.N. 1984: Tehnologicheskie processy i trebovanija k kompleksam tehničkih sredstv dlja mehanizirovannogo prigotovlenija kompostov na zhivotnovodcheskih fermah i pticefabrikah: avtoref. dis. na soiskanie nauk, stepeni kand. tehn. nauk: V.N. Tuva – SPb-Pushkin. – 168.

17. Vashkulat N.P. 1985. Gigiena zhivotno-vodcheskih kompleksov i ohrana okruzhayushchey sredy / Vashkulat N.P., Goncharuk E.I., Kostovetskiy Ya.I. – K.: Zdorovya, – 88.
18. Vasilev V.A. 1983. Primenenie bespodstilochnogo navoza dlya udobreniya / Vasilev V.A., Shvedov M.M. – M. 82.
19. Vasilev V.A. 1988. Spravochnik po organicheskim udobreniyam/ V.A. Vasilev, N.V. Filippova [2–e izd., pererab. i dop.] – M.: Rosagropromizdat, – 255.
20. Zubke B.I. 1983. Osobennosti tehnologii pererabotki i obezzarazhivaniya zhidkogo navoza v protsesse anaerobno-metanovogo sbrazhivaniya / Zubke B.I., Novoselskaya A.P., Drach Yu.A. // Biologicheskaya perera-botka Tez, dokl. Kiev. – 88 – 89.

IMPROVEMENT OF TECHNOLOGICAL SCHEME OF DISPOSAL AND PROCESSING OF MANURE IN ORGANIC FERTILIZERS AND BIOGAS

Summary. The technological scheme of removal of bedding manure from livestock buildings with the subsequent recycling it into organic fertilizer and biogas is given.

Key words: biogas, compost, bedding manure, aqua manure, manure removal, cattle, pigs, litter.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НАГРУЗКИ ПРИВОДА РЕЖУЩЕГО АППАРАТА КОСИЛКИ

Андрей Бабий, Мария Бабий, Тимофей Рыбак

Тернопольский национальный технический университет имени Ивана Пулюя, Украина

Andriy Babi, Maria Babi, Tymofij Rybak

Ternopil National Ivan Pul'uj Technical University, Ukraine

Аннотация. В работе предложена математическая модель, которая описывает нагрузку на кривошипно – шатунный приводной механизм косилки сегментно-пальцевой. Модель нагрузки получена в виде суммы непрерывных функций, что позволяет использовать ее при исследованиях энергопотребления привода в целом. А также представлена функциональная зависимость работы дополнительного устройства с регулируемыми параметрами, которое служит для повышения эффективности работы указанного механизма.

Ключевые слова: косилка, привод, режущий аппарат, сегментно-пальцевой, сила инерции.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Настоящее время требует повышения качества работы и производительности машин, которые проектируются или совершенствуются. Кроме того, машины должны иметь высокую надежность в течение всего срока эксплуатации. Для косилок повышение этих показателей лежит в плоскости увеличения рабочих скоростей резания и уменьшения действия инерционных сил на элементы привода ножа [1-4].

При исследованиях работы приводных механизмов сегментно-пальцевых режущих аппаратов часто нагрузка на режущий аппарат очень обобщается. При таких условиях представляется невозможным точно проследить влияние на общую нагрузку той или другой составляющей, а потому становятся неопределенными направления эффективного совершенствования привода [5–7].

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Если проанализировать ряд работ [8–11], то авторы единодушны в том, что одним из направлений повышения производительности работы режущего аппарата косилки есть повышение скорости резания. Невзирая на то, что ее повышение ведет к увеличению инерционных сил, которые имеют уже негативное влияние на привод режущего аппарата [12 – 14].

Поэтому, исследователи прибегают к использованию дополнительного устройства, которое выполняет функцию «поглотителя» кинетической энергии подвижных масс ножа и его привода, но в таких моделях не учитывается действие силы трения и силы, которая тратится на процесс резания растений. При таких условиях эффект усовершенствованного устройства не является максимальным.

ПОСТАНОВКА ЗАДАНИЯ

Целью работы является представление действующей нагрузки на режущий аппарат косилки в виде суммы непрерывных функций с возможностью выделения той частицы нагрузки, которую должно нивелировать дополнительное устройство с регулируемыми параметрами. А также представить его функциональные возможности в виде математической модели.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Первым этапом исследования является определение силы резания сегментно-пальцевым резательным аппаратом. Резание – это наиболее выгодный способ разделения материала при работе косилки. Нож (сегмент) представляет собой клин, который с определенной силой и скоростью

проникает в ткань растения, создает там достаточно большие усилия, напряжения от которых разрушают волокна и происходит процесс разделения.

Исследуя процесс резания, в литературных источниках [15, 16] приведено выражение для силы резания, которая должна создать такое разрушительное контактное напряжение в материале, чтобы разделить его. Представим выражение критического усилия, которое выполнит это условие [17]

$$P_{кр} = \delta \sigma_p + \frac{E h_c^2}{2 h_p} \times \quad (1)$$

$$\times [tg \beta_p + f_p \sin^2 \beta_p + \mu (f_p + \cos^2 \beta_p)]$$

где: δ – толщина лезвия; β_p – угол заточки лезвия; h_p – толщина слоя материала, который перерезается; h_c – толщина слоя, сжатого лезвием к моменту начала резания; E – модуль упругости материала; μ – коэффициент Пуассона; f_p – коэффициент трения материала о лезвие; σ_p – контактное напряжение на кромке лезвия.

Из анализа данного выражения видно, что здесь заложены физико–механические свойства материала и геометрия режущего лезвия.

Тогда сила, которая будет действовать на растение и должна перерезать его (сила резания) не может иметь большего значения нежели сумма всех сопротивлений R_s , которые удерживают стебель от критической деформации при которой уже срез не возможен [1], то есть

$$R_s < P_{зс} + P_i + P_n + P_c, \quad (2)$$

где: $P_{зс}$ – сила сопротивления изгиба стебля; P_i – сила инерции стебля; P_n – сила сопротивления воздуха; P_c – сила сопротивления (подпора) изгибу через контакт с соседними стеблями.

Теоретически процесс резания можно разделить на два этапа:

– в некоторых случаях возможным будет срез стеблей без подпора к моменту перемещения сегмента, когда в контакт вступят противорежущая пластина сегмента и внешний элемент пальца;

– срез стеблей при действии опор.

С другой стороны практический опыт убедительно доказывает, что сила сопротивления срезу $P_{сп}$ является постоянной. Она зависит от площади нагрузки, плотности стеблестоя и определяется удельной работой, которая тратится на срез растений с единицы площади [14, 15].

Зависимость для определения силы сопротивления среза представим следующим образом [15].

$$P_{сп} = \frac{\varepsilon f_H z}{l_{ак}}, \quad (3)$$

где: ε – удельная работа, которая тратится на срез растений с единицы площади; f_H – площадь нагрузки на лезвие сегмента; z – количество сегментов; $l_{ак}$ – перемещение ножа, которое отвечает началу и концу резания.

Площадь нагрузки на лезвие сегмента для аппарата нормального резания с одинарным пробегом ножа определяется с учетом относительного и переносного движений сегмента ножа

$$f_H = S \frac{g_m \pi}{\omega}, \quad (4)$$

где: g_m – поступательная скорость машины; ω – угловая скорость кривошипа; S – ход ножа.

Анализируя выражение (4), видно, что сила сопротивления срезу имеет постоянное значение на отрезке перемещения ножа $l_{ак}$ и отображает нагрузку на одном рабочем ходе ножа, то есть при полуобороте кривошипа. В действительности же сила сопротивления срезу должна изменять свое направление при обратном ходе ножа и отображать характер нагрузки в течение полного оборота кривошипа, так как нож осуществляет периодические колебательные движения.

График силы сопротивления срезу при угле поворота кривошипа 2π или перемещении ножа $2S$ должен иметь следующий характер, рис. 1.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НАГРУЗКИ ПРИВОДА РЕЖУЩЕГО АППАРАТА КОСИЛКИ

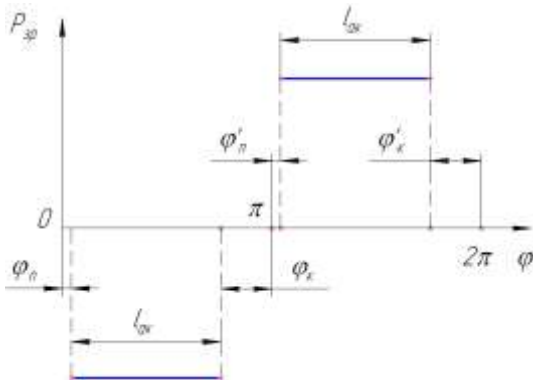


Рис. 1. До определения функции силы резания

Fig. 1. Before determination of function of cutting force

Анализируя выражение (3) и учитывая необходимый характер изменения силы сопротивления срезу, видим, что данная функция является непарной и имеет разрывы первого рода.

Кроме того, сила сопротивления срезу $P_{zp}(x)$ есть периодической функцией с периодом $2l$, которая отвечает прямому и обратному ходам ножа $2S$. Разложим ее в тригонометрический ряд такого же периода ($2l$), считая, что $x = \frac{lt}{\pi}$, тогда получим функцию

$$P_{zp}(t) = P'_{zp}\left(\frac{lt}{\pi}\right) \quad (5)$$

с периодом 2π .

Исходя из этого, для функции $P_{zp}(t)$ составляем ряд Фурье в виде [18]

$$P_{zp}(t) \approx \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nt + b_n \sin nt), \quad (6)$$

где: a_n, b_n – коэффициенты ряда Фурье (6).

Данные коэффициенты определяются выражениями:

$$\begin{aligned} a_n &= \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} P_{zp}(t) \cos nt \, dt = \\ &= \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} P'_{zp}\left(\frac{lt}{\pi}\right) \cos nt \, dt, \end{aligned} \quad (7)$$

($n = 0, 1, 2, \dots$);

$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} P_{zp}(t) \sin nt \, dt = \quad (8)$$

$$= \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} P'_{zp}\left(\frac{lt}{\pi}\right) \sin nt \, dt,$$

($n = 1, 2, \dots$).

Если перейти к переменной x и записать $t = \frac{\pi x}{l}$, а также учесть, что график будет иметь непарное продолжение, то получим ряд следующего вида

$$P_{zp}(x) \approx \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin nx, \quad (9)$$

где:

$$b_n = \frac{1}{l} \int_{-l}^l P_{zp}(x) \sin \frac{\pi nx}{l} dx, \quad (10)$$

($n = 1, 2, \dots$).

Или же функцию (3) можно разложить как функцию периода 2π за приведенными выражениями (6) – (8) при приведении перемещения ножа к углу поворота кривошипа φ . Выбор способа разложения на значение конечного результата не влияет, а имеет только техническое значение и предопределено методикой последующих исследований.

В соответствии с промежутками действия силы среза на лезвие ножа (рис. 1), запишем следующую зависимость, приводя перемещение ножа к углу поворота кривошипа

$$P_{zp}(x) = \begin{cases} 0, & 0 \leq x \leq \varphi_n; \\ -\frac{\varepsilon f_H z}{l_{ак}}, & \varphi_n \leq x \leq \pi - \varphi_k; \\ 0, & \pi - \varphi_k \leq x \leq \pi + \varphi'_n; \\ \frac{\varepsilon f_H z}{l_{ак}}, & \pi + \varphi'_n \leq x \leq 2\pi - \varphi'_k; \\ 0, & 2\pi - \varphi'_k \leq x \leq 2\pi. \end{cases} \quad (11)$$

В соответствии с условиями (11) запишем

$$b_n = \frac{\varepsilon f_H z}{l_{ак} \pi} \left(\int_{\varphi_n}^{\pi - \varphi_k} (-\sin nx) dx + \int_{\pi + \varphi'_n}^{2\pi - \varphi'_k} \sin nx dx \right) =$$

$$= \frac{\varepsilon f_H z}{l_{ак} \pi n} \left[\cos nx \Big|_{x=\varphi_n}^{x=\pi - \varphi_k} - \cos nx \Big|_{x=\pi + \varphi'_n}^{x=2\pi - \varphi'_k} \right] =$$

$$= \frac{\varepsilon f_H z}{l_{ак} \pi n} \left[\cos n(\pi - \varphi_k) - \cos n\varphi_n - \right.$$

$$\left. - \cos n(2\pi - \varphi'_k) + \cos n(\pi + \varphi'_n) \right].$$

Тогда ряд Фурье для силы среза будет определяться

$$P_{сп}(x) = \frac{\varepsilon f_H z}{l_{ак} \pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \left[\begin{matrix} \cos n(\pi - \varphi_k) - \\ - \cos n\varphi_n - \\ - \cos n(2\pi - \varphi'_k) + \\ + \cos n(\pi + \varphi'_n) \end{matrix} \right] \sin nx. \quad (13)$$

Условно приняв силу среза за единицу покажем графически характер ее изменения в течение 2π оборотов кривошипа за выражением (13), рис. 2.

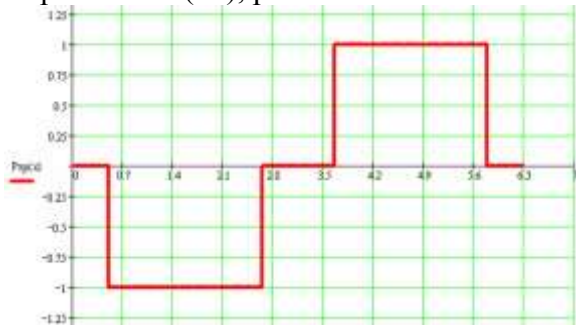


Рис. 2. Схематическое представление силы среза в течение 2π оборотов кривошипа
Fig. 2. A schematic image of cutting force during 2π turns of crank

Одной из наиболее весомых составляющих нагрузки привода режущего аппарата есть сила инерции от движения массы ножа [19, 20]

$$P_{ин} = -m_3 a_B, \quad (14)$$

где: m_3 – масса ножа, a_B – ускорение ножа, которое можно представить выражением

$$a_B = r\omega^2 \left(\cos \varphi + \frac{r}{l'} \cos 2\varphi - \frac{h}{l'} \sin \varphi \right), \quad (15)$$

где: r – радиус кривошипа; h – величина дезаксиала; l' – длинна шатуна.

Следующей составляющей сопротивлению для привода режущего аппарата является сила трения. Величина силы трения F состоит из силы трения F' от силы веса ножа и силы трения F'' от действия шатуна [15].

$$F = F' + F''. \quad (16)$$

Сила трения от силы веса ножа

$$F' = fG_n, \quad (17)$$

где: G_n – сила веса ножа, которая определяется.

$$G_n = m_3 g, \quad (18)$$

где: g – ускорение свободного падения; f – коэффициент трения.

Сила трения от действия шатуна зависит от нормальной силы N_0 и коэффициента трения f , рис. 3.

$$F'' = fN_0. \quad (19)$$

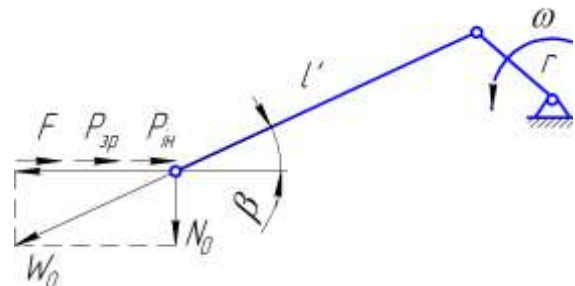


Рис. 3. Расчетная схема к определению силы трения в механизме
Fig. 3. Calculation chart for determination of friction force in mechanism

Нормальная сила N_0 определяется

$$N_0 = (P_{сп} + P_{ин} + F) \operatorname{tg} \beta. \quad (20)$$

В развернутом виде

$$N_0 = (P_{сп} + P_{ин} + F' + F'') \operatorname{tg} \beta =$$

$$= (P_{сп} + P_{ин} + fG_n + fN_0) \operatorname{tg} \beta.$$

Отсюда

$$N_0 = \frac{(P_{сп} + P_{ин} + fG_n) \operatorname{tg} \beta}{1 - f \operatorname{tg} \beta}. \quad (21)$$

Тогда сила трения от действия шатуна

$$F'' = f \frac{(P_{сп} + P_{ин} + fG_n) \operatorname{tg} \beta}{1 - f \operatorname{tg} \beta}. \quad (22)$$

Из этого получаем общее выражение для определения силы трения, которая возникает при работе режущего аппарата

$$F = f \frac{(P_{сп} + P_{ин} + fG_n) \operatorname{tg} \beta}{1 - f \operatorname{tg} \beta} + fG_n. \quad (23)$$

Анализируя выражение (23), видно, что сила трения зависит от угла поворота кривошипа и является непрерывной. Угол β (рис. 3) будем определять выражением

$$\sin \beta = \frac{r}{l'} \left(\sin \varphi + \frac{h}{r} \right). \quad (24)$$

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НАГРУЗКИ ПРИВОДА РЕЖУЩЕГО АППАРАТА КОСИЛКИ

Откуда

$$\beta = \arcsin \left(\frac{r \sin \varphi + h}{l'} \right). \quad (25)$$

За анализом выражения (23), можно заметить, что оно в полной мере отображает только скалярную величину существующей силы трения. Учесть направление силы трения при осуществлении кривошипом полного оборота, то есть ножом два хода, здесь не представляется возможным. Поскольку при таких условиях, например при повороте кривошипа приблизительно $\frac{\pi}{2}$, направление силы трения совпадает с направлением движения ножа, что является абсолютно невозможным. Это происходит за счет того, что свое направление изменяет сила инерции ножа, которая имеет сравнительно существенное значение для образования нормальной составляющей силы трения N_0 . Но в действительности в этом полупериоде сила трения возникает уже между сегментами и прижимными пластинами, а не между спинкой ножа и пальцевым брусом. Направление силы трения остается противоположным относительно хода ножа.

Поэтому для адекватного отображения силы трения необходимо выражение (23) модифицировать следующим образом.

Выражая ход ножа через S , сила трения будет иметь отрицательный знак при прямом ходе и положительный при обратном, то есть всегда противоположный к направлению хода ножа. Или же выражение силы трения можно представить для угла поворота кривошипа, учитывая его положение, которое будет обеспечивать полный ход S или $2S$. Для случая, когда дезаксиал $h = 0$, будем иметь следующее выражение

$$F = \begin{cases} - \left| f \frac{(P_{zp} + P_{in} + fG_n) \operatorname{tg} \beta}{1 - f \operatorname{tg} \beta} + fG_n \right|, & \text{если } 0 \leq x \leq \pi; \\ \left| f \frac{(P_{zp} + P_{in} + fG_n) \operatorname{tg} \beta}{1 - f \operatorname{tg} \beta} + fG_n \right|, & \text{если } \pi \leq x \leq 2\pi. \end{cases} \quad (26)$$

Если же $h \neq 0$, то в механизме происходит определенной величины

смещение положения ножа в крайних точках при нахождении кривошипа в начальном положении $\varphi = 0$ или в положении $\varphi = \pi$. Этот момент нужно учитывать при подборе пределов для выражения (26).

Таким образом было установлено три составляющих нагрузки на привод режущего аппарата при выполнении процесса резания. Полученные выражения нагрузки приведенные к зависимостям от угла поворота кривошипа, являются непрерывными, что позволяет проводить их анализ в любом положении кривошипа или ножа косилки.

Представим в виде графиков (рис. 4) отдельно нагрузку от сопротивления резания $P_{zp}(x)$, силы инерции ножа $P_{in}(x)$, силы трения $F(x)$ и их сумму как фактическое сопротивление, которое существует в режущем аппарате.

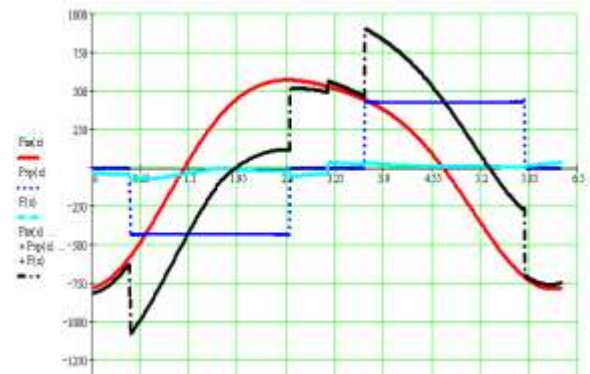


Рис. 4. Графики нагрузки режущего аппарата
Fig. 4. Loading graphics of cutting apparatus

Нагрузки просчитаны для экспериментального образца косилки при следующих условиях:

скорость поступательного движения машины – 2.2 м/с;

удельная работа, которая тратится на срез растений с единицы площади – $200 \frac{H \cdot m}{m^2}$;

частота вращения кривошипа – 700 об/мин;

количество сегментов ножа – 18.

Анализируя характер изменения суммарной нагрузки, видно что доминирующей является нагрузка от силы инерции. Здесь целесообразно часть этой силы направить на преодоление сил сопротивления резанию и силы трения, а ее

избыток аккумулировать в виде запаса потенциальной энергии деформации упругого элемента. А когда нож будет проходить через «мертвые» точки, накопленная потенциальная энергия будет отдаваться обратно в систему, превращаясь в кинетическую энергию ножа. И так циклический этот процесс будет повторяться.

Кроме того, избыток силы инерции зависит от силы резания и силы трения, которые между собой взаимосвязаны и зависят от культуры, которая срезается, скорости движения машины и так далее. Следовательно, значение силы инерции, которую должен аккумулировать упругий элемент для разных условий работы является отличной. Исходя из этого, упругий элемент должен иметь регулируемые параметры. К ним будет относиться: возможность изменения зазора – времени начала взаимодействия спинки ножа с упругим элементом и жесткость самого упругого элемента. За разработанными рекомендациями перед началом работы на конкретной площади механизатор установит необходимые параметры приводного механизма для наиболее эффективной его работы.

В качестве упругих элементов выберем пружины с линейными характеристиками как такими, что наиболее отвечают для работы накопления потенциальной энергии от избытка кинетической энергии ножа и кривошипно-шатунного механизма. Работа указанных элементов будет моделироваться кусочно-линейной функцией [21], графическое изображение которой представим на рис. 5.

Модель работы упругих элементов отображена в следующих условиях

$$F_c(x) = \begin{cases} k_1(\theta_1 - x), & 0 \leq x \leq \theta_1; \\ k_2(\theta_2 - x), & \theta_2 \leq x \leq \varphi_s; \\ k_2(x - \theta_3), & \varphi_s \leq x \leq \theta_3; \\ k_1(x - \theta_4), & \theta_4 \leq x \leq \varphi_{2s}. \end{cases} \quad (27)$$

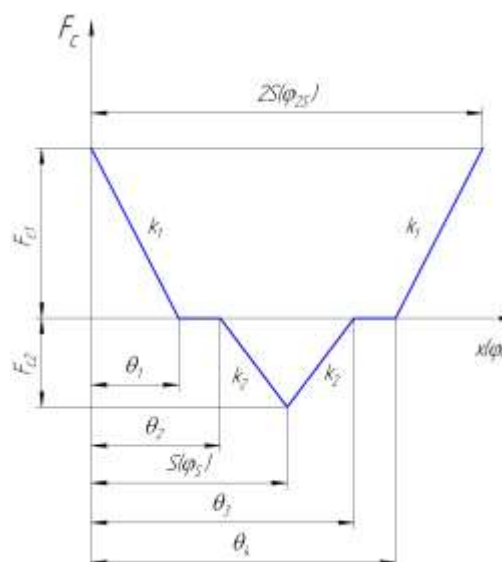


Рис. 5. Условная работа упругих элементов
Fig. 5. Conditional work of elastic elements

В условиях (27) имеем: k_1, k_2 – коэффициенты жесткости пружин отнесены к углу поворота кривошипа; θ_2, θ_4 ; θ_1, θ_3 – углы поворота кривошипа, которые представляют начало и конец действия упругих элементов; φ_s – угол поворота кривошипа, который отвечает максимальному отклонению ножа (конец рабочего хода); φ_{2s} – угол поворота кривошипа, который отвечает максимальному отклонению ножа на обратном ходе.

Углы φ_s и φ_{2s} для аксиального кривошипно-шатунного механизма равняются, соответственно π и 2π .

Для того, чтобы полученная функция (27) была непрерывной и дифференцируемой на всем промежутке, разложим ее в ряд Фурье.

$$F_c(x) \approx \frac{a_{c0}}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_{cn} \cos nx + b_{cn} \sin nx), \quad (28)$$

где: a_{cn}, b_{cn} – коэффициенты ряда Фурье (28).

Данные коэффициенты определяются выражениями:

$$a_{c0} = \frac{1}{\varphi_s} \left(\int_0^{\theta_1} k_1 \cdot (\theta_1 - x) dx + \int_{\theta_2}^{\varphi_s} k_2 \cdot (\theta_2 - x) dx + \int_{\varphi_s}^{\theta_3} k_2 \cdot (x - \theta_3) dx + \int_{\theta_4}^{\varphi_{2s}} k_1 \cdot (x - \theta_4) dx \right), \quad (29)$$

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НАГРУЗКИ ПРИВОДА РЕЖУЩЕГО АППАРАТА КОСИЛКИ

$$\begin{aligned}
 a_{cn} = & \frac{1}{\varphi_s} \left(\int_0^{\theta_1} k_1 \cdot (\theta_1 - x) \cdot \cos(n \cdot x) dx + \right. \\
 & + \int_{\theta_2}^{\varphi_s} k_2 \cdot (\theta_2 - x) \cdot \cos(n \cdot x) dx + \\
 & + \int_{\varphi_s}^{\theta_3} k_2 \cdot (x - \theta_3) \cdot \cos(n \cdot x) dx + \\
 & \left. + \int_{\theta_4}^{\varphi_{2s}} k_1 \cdot (x - \theta_4) \cdot \cos(n \cdot x) dx \right),
 \end{aligned} \quad (30)$$

$(n = 1, 2, \dots)$;

$$\begin{aligned}
 b_{cn} = & \frac{1}{\varphi_s} \left(\int_0^{\theta_1} k_1 \cdot (\theta_1 - x) \cdot \sin(n \cdot x) dx + \right. \\
 & + \int_{\theta_2}^{\varphi_s} k_2 \cdot (\theta_2 - x) \cdot \sin(n \cdot x) dx + \\
 & + \int_{\varphi_s}^{\theta_3} k_2 \cdot (x - \theta_3) \cdot \sin(n \cdot x) dx + \\
 & \left. + \int_{\theta_4}^{\varphi_{2s}} k_1 \cdot (x - \theta_4) \cdot \sin(n \cdot x) dx \right),
 \end{aligned} \quad (31)$$

$(n = 1, 2, \dots)$.

После подстановки пределов интегрирования и превращений получим коэффициенты ряда Фурье в следующем виде:

$$\begin{aligned}
 a_{c0} = & \frac{1}{\varphi_s} \cdot \left(\frac{1}{2} \theta_1^2 \cdot k_1 + k_2 \cdot \theta_2 \varphi_s - \right. \\
 & - k_2 \cdot \varphi_s^2 - \frac{1}{2} \theta_2^2 \cdot k_2 - \frac{1}{2} \theta_3^2 \cdot k_2 + \\
 & + k_2 \cdot \theta_3 \cdot \varphi_s + \frac{1}{2} \cdot k_1 \cdot \varphi_{2s}^2 - \\
 & \left. - k_1 \cdot \theta_4 \cdot \varphi_{2s} + \frac{1}{2} \theta_4^2 \cdot k_1 \right); \\
 a_{cn} = & \frac{1}{\varphi_s} \cdot \left(\frac{-\cos(\theta_1 \cdot n) \cdot k_1 + k_1}{n^2} + \right. \\
 & + \frac{k_2 \cdot \theta_2 \cdot \sin(\varphi_s \cdot n) \cdot n}{n^2} - \\
 & - \frac{2 \cdot k_2 \cdot \cos(\varphi_s \cdot n)}{n^2} - \\
 & - \frac{2 \cdot k_2 \cdot \varphi_s \cdot n \cdot \sin(\varphi_s \cdot n)}{n^2} + \\
 & + \frac{\cos(\theta_2 \cdot n) \cdot k_2 + \cos(\theta_3 \cdot n) \cdot k_2}{n^2} + \\
 & + \frac{k_2 \cdot \theta_3 \cdot \sin(\varphi_s \cdot n) \cdot n + k_1 \cdot \cos(\varphi_{2s} \cdot n)}{n^2} + \\
 & + \frac{k_1 \cdot \varphi_{2s} \cdot n \cdot \sin(\varphi_{2s} \cdot n)}{n^2} - \\
 & \left. - \frac{k_1 \cdot \theta_4 \cdot \sin(\varphi_{2s} \cdot n) \cdot n + \cos(\theta_4 \cdot n) \cdot k_1}{n^2} \right);
 \end{aligned} \quad (32)$$

$$\begin{aligned}
 b_{cn} = & \frac{1}{\varphi_s} \cdot \left(\frac{-\sin(\theta_1 \cdot n) \cdot k_1 + \theta_1 \cdot k_1 \cdot n}{n^2} - \right. \\
 & - \frac{k_2 \cdot \theta_2 \cdot \cos(\varphi_s \cdot n) \cdot n + 2 \cdot k_2 \cdot \sin(\varphi_s \cdot n)}{n^2} + \\
 & + \frac{2 \cdot k_2 \cdot \varphi_s \cdot n \cdot \cos(\varphi_s \cdot n)}{n^2} + \\
 & + \frac{\sin(\theta_2 \cdot n) \cdot k_2 + \sin(\theta_3 \cdot n) \cdot k_2}{n^2} - \\
 & - \frac{k_2 \cdot \theta_3 \cdot \cos(\varphi_s \cdot n) \cdot n}{n^2} + \\
 & + \frac{k_1 \cdot \sin(\varphi_{2s} \cdot n) - k_1 \cdot \varphi_{2s} \cdot n \cdot \cos(\varphi_{2s} \cdot n)}{n^2} + \\
 & \left. + \frac{k_1 \cdot \theta_4 \cdot \cos(\varphi_{2s} \cdot n) \cdot n - \sin(\theta_4 \cdot n) \cdot k_1}{n^2} \right).
 \end{aligned} \quad (34)$$

Эти значения коэффициентов подставляем в ряд Фурье (28), графическая интерпретация полученной функции показана на рис. 5. Здесь следует заметить, если график функции (27) должен быть симметричным, то коэффициенты $b_{cn} = 0$ и разложение функции в ряд Фурье можно вести только по косинусам.

Экспериментально доказано, что при работе приводного механизма косилки нагрузки, которые возникают при прямом и обратном ходах ножа являются несимметричными, то возникает необходимость упругие элементы монтировать также несимметрично [22]. Конструкция предусматривает возможность их установления с необходимыми регулируемыми зазорами. Также в разработанном энергосберегающем приводном механизме используется два упругих элемента с жесткостями k_1 и k_2 . Эти жесткости могут быть как одинаковыми так и разными. Создаваемая математическая модель такого аппарата позволяет это учитывать, поскольку предлагаемая методика может быть адаптированной к другим типам режущих аппаратов с различными режимами работы.

В качестве примера покажем полученный эффект от использования дополнительного устройства с регулируемыми параметрами при устоявшемся движении ножа косилки, рис. 6.

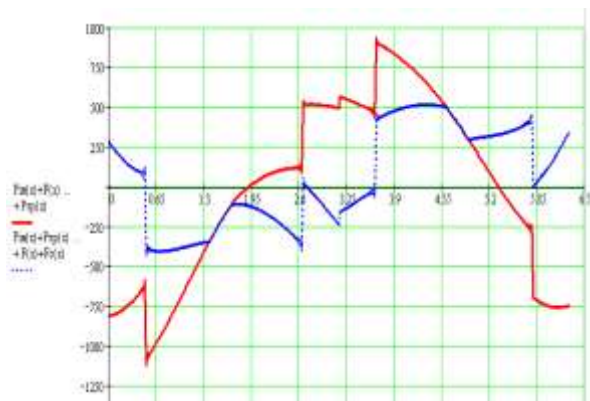


Рис. 6. График общей нагрузки усовершенствованного режущего аппарата
Fig. 6. Graphic of the general loading of the improved cutting apparatus

Здесь показано сплошной линией сумма действующих сил: резания, инерции и трения. Линией, которая образована точками — суммарное значение действующих сопротивлений и упругих элементов с регулируемыми параметрами.

За анализом графиков видно, что избыток кинетической энергии от движения массы ножа превращается в потенциальную энергию упругого элемента, который запас этой энергии отдает обратно в систему, когда нож осуществляет обратный ход. При действии максимальных значений силы упругости первой пружины $F_{c1} = 1100$ Н, второй — $F_{c2} = 710$ Н нагрузка на привод от действия режущего аппарата уменьшается почти вдвое.

ВЫВОДЫ

1. Разработана математическая модель нагрузки на нож режущего аппарата косилки состоит из трех составляющих: силы (сопротивления) резания, силы инерции ножа и силы трения, которая возникает между элементами ножа и его опорными поверхностями. Все эти составляющие смоделированы непрерывными периодическими функциями с периодом 2π , что позволяет проводить анализ их влияния на общую нагрузку при любом угле φ поворота кривошипа привода.

2. Предложена функциональная зависимость для математического отображения работы дополнительных

упругих элементов с регулируемыми параметрами. На примере опытного образца косилки рассчитано ожидаемую эффективность, которая заключается в снижении почти вдвое нагрузки на привод от работы ножа (рис. 6).

3. Представленную математическую модель нагрузки привода режущего аппарата косилки и модель работы дополнительных упругих элементов с регулируемыми параметрами следует использовать в общей динамической модели работы всего приводного механизма с учетом кинетической энергии кривошипа, шатуна и так далее. Такой подход позволит, подбирая параметры дополнительных упругих элементов, на конкретных режимах работы косилки обеспечить ее минимальное энергопотребление и существенно снизить вредное действие инерционных сил.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Teoriya, konstruktsiya i raschet sel'skokhozyaystvennykh mashin / [Bosoy Ye. S., Vernyayev O. V., Smirnov I.I, Sultan-Shakh Ye.G.]. — М.: Mashinostroyeniye, 1980. — 565 s.
2. Karpenko V. D. Skorostnaya uborka zernovykh / V. D. Karpenko i dr. — М.: Rossel'khozizdat, 1976. — 40.
3. Rustamov S. I. Fiziko-mekhanicheskiye osnovy skorostnogo rezaniya stebley sel'skokhozyaystvennykh rasteniy / S.I. Rustamov // Dokl. VASKHNIL, М.: Kolos, 1983. — № 4. — 8 — 12.
4. Sobolev G. V. Kosheniye trav na povyshennykh skorostyakh / G.V. Sobolev // Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sotsialisticheskogo sel'skogo khozyaystva. — 1960. — № 3. — 10 — 14.
5. Levtshev A.P. Elektromekhanicheskiy privod nozha kosilki na baze samokhodnogo shassi T — 16 M s elektromekhanicheskoy transmissiyey / A.P. Levtshev, K.A. Dushutin // Energoobespecheniye i energosberezheniye v sel'skom khozyaystve: trudy 6 — y Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. (13 — 14 maya 2008 g. g. Moskva, GNU VIESKH). — М., 2008. — СН 2: Energosberegayushchiye tekhnologii v rasteniyevodstve i mobil'noy energetike. — 208 — 212.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НАГРУЗКИ ПРИВОДА РЕЖУЩЕГО АППАРАТА КОСИЛКИ

6. Dushutin, K. A. 2009. Optimizatsiya rezhimov raboty segmentnoy kosilki s elektromekhanicheskim privodom nozha / K.A. Dushutin // Mashinostroyeniye: nauka, tekhnika, obrazovaniye: Sb. nauch. Tr. VII Vseros. nauch.-prakt. konf. / Red.kol A. P. Fomin, M. V. Chugunov (otv. red.) i [dr.]. – Ruzayevka, 72 – 75.
7. Bosoy Ye.S. 1962. Skorostnoy bespal'tsevy rezhushchiy apparat / Ye. S. Bosoy // Sel'khoz mashina. – 1950. – № 8. – 1 – 6.
8. Nikiforov P.Ye. Rabota mashin na povyshennykh skorostyakh / P. Ye. Nikiforov. – M.: Sel'khozizdat, 112.
9. Rustamov S.I. Vysokoproizvoditel'nyye rezhushchiye apparaty sel'skokhozyaystvennykh uborochnykh mashin / S.I. Rustamov. – Kiyev, Donetsk. Vyssh. shk., 1985. – 95.
10. Okorokov I.F. Rezhushchiy apparat dlya skorostnykh zhatok / I.F. Okorokov // Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sotsialisticheskogo sel'skogo khozyaystva. – 1966. – №6. – 13 – 14.
11. Smolinskiy S. Tekhnologicheskiye i tekhnicheskiye predposylki povysheniya effektivnosti raboty zernouborochnogo kombayna / Stanislav Smolinskiy // Motrol, 2012. – Motoryzatsiya i energetyka rolnictwa. – Lublin. Tom 14, № 3. – 64 – 69.
12. Bosoy Ye. S. Uravnoveshivaniye sily inertsi v rezhushchem apparate kosilki KS–10. Voprosy sel'skokhozyaystvennogo mashinostroyeniya / Ye.S. Bosoy // Materialy Respublikanskoй nauchno–tekhnicheskoy konferentsii. Kiyev, Gostekhizdat USSR, 1955. – 255 – 262.
13. Babiy A.V. 2013. Doslízhennya vplivu konstruktors'ko–tekhnologíchnikh faktorív na zapas mítsností spinki nozha kosarki / A.V. Babiy, M. V. Babiy // Vísnik Kharkívs'kogo natsíonal'nogo tekhníchnogo uníversitetu síl's'kogo gospodarstva. Vipusk 139 “Problemi nadíyností mashin ta zasobív mekhanízatsíi síl's'kogospodars'kogo virobnitstva”. – Kharkív, 187 – 192.
14. Alferov S.A. 1973. Dinamika zernouborochnogo kombayna / S.A. Alferov. – M.: «Mashinostroyeniye», 256.
15. Listopad G.Ye. Sel'skokhozyaystvennyye i meliorativnyye mashiny / [Listopad G. Ye., Semenov A. N., Demidov T. K. i dr.]. – M.: Kolos, 1976. – 751.
16. Bosoy Ye. S. 1962. Zakonomernosti pri rezanii stebley sel'skokhozyaystvennykh kul'tur rezhushchimi apparatami segmentnogo tipa / Ye.S. Bosoy // Konstruirovaniye i proizvodstvo sel'skokhozyaystvennykh mashin. – M.: Mashgiz, 99–113.
17. Reznik N. Ye. 1975. Teoriya rezaniya lezviyem i osnovy rascheta rezhushchikh apparatov / N. Ye. Reznik. – M.: Mashinostroyeniye, 311.
18. Tolstov G. P. Ryady Fur'ye / G. P. Tolstov. – M.: Nauka, 1980. – 384.
19. Babiy A.V. 2013. Obgruntuvannya konstruktivnykh osoblivostey yenergozberígayuchogo privodnogo mekhanízmu kosarki / A.V. Babiy, T.Í. Ribak, M.V. Babiy // Vísnik Kharkívs'kogo natsíonal'nogo tekhníchnogo uníversitetu síl's'kogo gospodarstva. Vipusk 134 “Tekhníchniy servis mashin dlya roslinnitstva”. – Kharkív, 116 – 122.
20. Babiy A.V. Doslízhennya kínematchnikh parametrív privodnogo mekhanízmu segmentno–pal'tsevogo rízal'nogo aparatu / A.V. Babiy, M.V. Babiy, A.Y. Matvíshin 2013. // Vísnik Kharkívs'kogo natsíonal'nogo tekhníchnogo uníversitetu síl's'kogo gospodarstva. Vipusk 134 “Tekhníchniy servis mashin dlya roslinnitstva”. – Kharkív, 123 – 129.
21. Zhilena Ye. Teoreticheskyy analiz kolebaniy podveski sideniy traktorov klassa 30 kN s nelineynymi kharakteristikami / Yelena Zhilena // Motrol, 2013. – Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – Lublin. Tom 15, № 7. – 162–169.
22. Sinyayeva O. K voprosu planirovaniya eksperimenta na baze prikladnogo paketa EXCEL / Ol'ga Sinyayeva, Aleksey Zavgorodniy, Aleksandr Obykhvost // Motrol, 2013. – Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – Lublin. Tom 15, № 7. – 199–204.

**MATHEMATICAL MODEL OF LOADING
THE DRIVE OF MOWER CUTTING
APPARATUS**

Summary. The paper presents a mathematical model that describes the load on the crank connecting rod drive mechanism of segment-finger mower. Model of loading

received as a sum of continuous functions that you can use at researches energy consumption of drive in general. Presented functional dependence of work additional device with adjustable parameters, which serves to increase the efficiency of the given mechanism.

Key words: mower, drive, cutting machine, segment – finger, inertial force.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИМУЛЯЦИИ МНОГОМАССОВЫХ СИСТЕМ

Алексей Шевчук

Украинская академия печати, Украина

Oleksiy Shevchuk

Ukrainian Academy of Printing, Ukraine

Аннотация. В статье рассматривается задача построения субмоделей шестиполусных компонентов для информационного моделирования сложных полиграфических печатных машин в программной среде Matlab – Simulink.

Информационные технологии описания динамических свойств печатных машин в виде шестиполусных компонентов уменьшает количество уравнений, которое описывает систему и упрощает построение структурной схемы.

В статье представлены информационные технологии построения субмоделей шестиполусных компонентов для информационной симуляции многомассовых механических систем. Разработанные субмодели компонентов механических систем упрощают компьютерную симуляцию механических систем, и позволяют моделировать сложные механические системы ротационных и листовых многокрасочных печатных машин. Результаты симуляции используются для анализа существующих электромеханических систем печатных машин, их модернизации, а также применяются при построении новых подходов при конструировании полиграфического оборудования с целью улучшения динамики механических систем приводов печатных машин. И как следствие улучшение качества печатной продукции.

Ключевые слова: Информационные технологии, информационные модели, компьютерная симуляция, механическая система, электромеханическая система, субмодели шестиполусных компонентов.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Современный анализ информационных технологий синтеза и проектирования приводов машин осуществляется с широким применением информационных методов и средств компьютерной техники. При этом привод рассматривается как многомассовая информационная механическая система с пружными связями. Для многих машин число масс и пружных элементов составляет несколько десятков. Поэтому для ее анализа нужно составить и решить систему дифференциальных уравнений высокого порядка [2, 5, 6].

Информационные технологии компьютерной симуляции механических систем в среде Matlab – Simulink являются оптимальными при симуляции несложных электромеханических систем. Если система содержит более 4 – 5 масс и пружных элементов, то информационные технологии компьютерной симуляции в среде Matlab – Simulink требуют большого количества блоков и связей между ними, которые часто бывают перекрестными. Информационная графическая модель в окне моделирования становится громоздкой, а такая симуляция - неэффективной. Следовательно, в настоящее время существует проблема в совершенствовании информационных методов компьютерной симуляции сложных динамических систем. В частности эта проблема особенно важна для информационных моделей электромеханических систем многокрасочных ротационных и листовых печатных машин многокрасочных ротационных и листовых печатных машин.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Классический метод анализа информационных моделей механических систем на основании систем дифференциальных уравнений является не удобным для представления в среде Matlab – Simulink. При информационном моделировании трудно проследить связи между дифференциальными уравнениями и соответствующими блоками библиотеки программной среды, а еще тяжелее провести черты соединений между входами и выходами блоками. Широкое распространение приобрели информационные структурные методы анализа механических систем, где информационная система представлена в виде структурной схемы, построенной на основании информационной модели двухполюсных элементов и связей между ними [1 – 4]. Основными элементами здесь является звено, сумматор и узел. Этим элементам в библиотеке Matlab – Simulink отвечают аналогичные блоки. По этому принципу осуществляется построение информационной графической модели в окне Simulink на основании структурной схемы. При этом симуляция происходит прямо из окна модели, что является его преимуществом. Информационная симуляция на основании структурной схемы оправдывает себя, когда число масс и упругих элементов не более четырех – пяти. При увеличении числа элементов схема усложняется, информационная графическая модель может не помещаться на мониторе и симуляция становится неэффективной.

Достаточно часто для описания информационных моделей электромеханических систем по аналогии с моделированием электрических цепей используют теорию графов и представляют электромеханическую систему посредством сигнального графа, по которому осуществляется программирование [2,5]. При описании систем с помощью графа упрощается система, которая является наглядной и более простой по структурной схеме. Это актуально при субъективном восприятии графа. Информационные

технологии компьютерной симуляции более сложны по сравнению со структурной схемой системы. Дуги графа и особенно его вершины при компьютерной симуляции требуют несколько блоков библиотеки, которые являются неудобными для симуляции. Заметим, что в обоих случаях количество блоков, необходимых при применении информационных технологий компьютерной симуляции, одинаковое. Следовательно, компьютерная симуляция на основании структурной схемы системы значительно проще, нежели за графом. Особенностью информационных моделей электромеханических систем является то, что много информационных компонентов системы могут описываться несколькими входными и выходными переменными. Поэтому по аналогии с электротехникой электромеханические системы описывают методом четырехполюсников [15]. В типичных библиотеках Simulink для механических систем отсутствуют блоки для четырехполюсников, что делает невозможным непосредственное применение этого метода. Построение четырехполюсных механических систем на основании прямого применения двухполюсных блоков библиотеки Simulink для сложных систем громоздко и неэффективно.

В работах авторов [13] предлагаются новые подходы к описанию электромеханических информационных систем. Многополюсные компоненты электромеханических систем представлены в виде шестиполюсных компонентов и связей между ними. Информационный компонент описывается матричным дифференциальным уравнением и матричной передаточной функцией. При этом значительно уменьшается число элементов и связей между ними, что упрощает структурную схему электромеханической системы, уменьшает вероятность появления погрешностей при составлении структурной схемы и проведении связей между компонентами. Информационные технологии описания динамических свойств печатных машин в виде шестиполюсных компонентов уменьшает количество уравнений, которое описывает систему и упрощает построение структурной схемы но не разрешает

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИМУЛЯЦИИ МНОГОМАССОВЫХ СИСТЕМ

проблему компьютерной симуляции сложных электромеханических систем.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Целью статьи является разработка информационных технологий построения субмоделей шестиполусных компонентов для информационной симуляции многомассовых механических систем и основания блоков субмоделей библиотеки компьютерной среды Matlab – Simulink.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Как уже отмечалось, основной сложностью при компьютерной симуляции информационных механических систем в среде Matlab – Simulink является большое количество стандартных блоков библиотеки Simulink и связей между ними.

Данные трудности можно преодолеть, используя описание информационных компонентов механических систем посредством шестиполусных компонентов, имеющих три входных исходных переменных. Это позволяет описывать более сложные информационные компоненты электромеханической системы, упрощает процесс информационной симуляции.

Общие подходы и математическое описание метода шестиполусных компонентов механических систем изложенные в трудах авторов [4, 12, 13] Информационный компонент электромеханической системы, которая имеет не больше трех входов и выходов в общем виде можем описать матрицу передаточной функцией, представлен как:

$$\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W_{11} & W_{12} & W_{13} \\ W_{21} & W_{22} & W_{23} \\ W_{31} & W_{32} & W_{33} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \end{bmatrix},$$

где: W_{ij} – передаточная функция, которая описывает связки между переменными информационными компонентами; X_i – входные переменные; Y_i – выходные переменные.

Матричную передаточную функцию можно определить по дифференциальному уравнению информационного компонента

или по его структурной схеме. Последний состоит из основных компонентов и связей между ними. Связи бывают прямые, обратные и перекрестные. Число выходов и входов - не более трех. Матричное дифференциальное уравнение и матричную передаточную функцию информационного компонента можно получить на основании дифференциального уравнения, которое описывают отдельные элементы.

Для примера рассмотрим простой информационный компонент механики ротационных машин – одинмассовую систему из упругим валом, которую можно рассматривать как вторую секцию многосекционной ротационной машины с упругим валопроводом. Уравнение движения [2, 6] секции выглядит так:

$$J_2 \frac{d\omega_2}{dt} = M_{12} - M_2 - M_{23}, \quad (2)$$

где: J_2 – приведенный момент инерции обратных масс второй секции ω_2 – угловая скорость, J_2 – приведенный момент упругой связи; M_2 – суммарный приведенный момент нагрузки и сил сопротивления; M_{23} – приведенный момент упругой связи со следующей секцией.

Момент упругой связи в

$$M_{12} = C_2 \int (\omega_1 - \omega_2) dt, \quad (3)$$

где: C_2 – приведенная жесткость упругой связи между первой и второй секцией. Переходя к операторной форме из выражений (2) и (3) установим зависимость скорости от моментов, и момента упругой связи, от скорости.

$$\omega_2 = \frac{1}{J_2 S} (M_{12} - M_2 - M_{23}). \quad (4)$$

$$M_{12} = \frac{C_2}{S} (\omega_1 - \omega_2). \quad (5)$$

Приняв за входные переменные информационных компонентов ω_1 , M_2 и M_{23} , а за выходные – ω_2 , M_{12} из формулы (4) и (5) получим матричную передаточную функцию информационного компонента; упругости с инерционностью:

$$[W] = \frac{\begin{bmatrix} C_2 & -S & -S \\ C_2 J_2 S & C_2 & C_2 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}}{J_2 S^2 + C_{12}}. \quad (6)$$

Если учесть силы сопротивления и считать их пропорциональными угловой скорости, будем иметь матричную передаточную функцию информационного компонента: упругость с инерционностью и вязким трением:

$$[W] = \frac{\begin{bmatrix} C_2 & -S & -S \\ (J_2 S + \alpha_2) C_2 & C_2 & C_2 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}}{J_2 S^2 + \alpha_2 S + C_2}, \quad (7)$$

где: α_2 – коэффициент пропорциональности между моментами сил сопротивления и скоростью ($M_2 = \alpha_2 \cdot \omega_2$).

Матричная передаточная функция информационного компонента – это упругость с инерционностью, вязким и упругим трением.

$$[W] = \frac{\begin{bmatrix} b_2 S + C_2 & -S & -S \\ (J_2 S + \alpha_2) \cdot (b_2 S + C_2) & b_2 S + C_2 & b_2 S + C_2 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}}{J_2 S^2 + (\alpha_2 - b_2) S + C_2}, \quad (8)$$

где: b_2 – коэффициент пропорциональности, определяющий момент пружного трения в пружном валопроводе. Основные линейные информационные компоненты механики печатной машины с учетом упругости валопровода являются основой для построения субмоделей информационных компонентов механических систем в программной среде Matlab – Simulink.

Для упрощения информационных технологий компьютерного моделирования механических систем применяем средства, которые имеет Matlab – Simulink, а именно, блок Subsystem, содержащийся в библиотеке Connections [7, 10]. С его помощью сложные информационные компоненты механической системы представлены блоком Subsystem, который визуально имеет только входы и выходы, а внутренняя система которого скрыта.

Это в несколько раз уменьшает количество блоков и связей между ними, упрощает информационную модель сложной системы, упрощает построение информационной графической модели в окне Simulink с помощью графического редактора.

На основании известных подходов к информационной технологии построения блока Subsystem спроектированы блоки subsystem для изложенных компонентов механической системы. Каждый блок Subsystem имеет свой идентификатор компонентов механической системы с упругими связями. Идентификатор состоит из латинских букв. Для идентификаторов применены созвучность и соответствие латинских и украинских букв.

Цель компьютерной симуляции – проиллюстрировать предложенные подходы к моделированию многомассовых механических систем с учетом упругости валопровода. Для примера рассматриваем четырехмассовую механическую систему печатной машины которая приводится в движение от электропривода. Упрощенная схема механической системы проведена на рис 1.

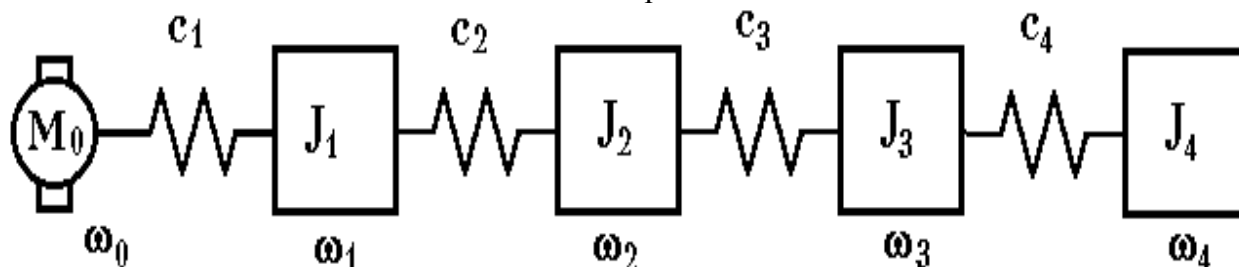


Рис 1. Схема механической системы
Fig. 1. Diagram of the mechanical system

На схеме $J_1 - J_4$ приведенные элементы – приведенная жесткость валопровода; M_0 – оборотных масс печатных секций; $C_1 - C_4$ – двигатель; $\omega_0 - \omega_4$ – угловые скорости. При

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИМУЛЯЦИИ МНОГОМАССОВЫХ СИСТЕМ

исследовании определяем моменты нагрузки $M_1 - M_4$ и силы сопротивления, пропорциональные скоростям $\omega_1 - \omega_4$. При таких предположениях при симуляции применяем предложенные субмодели механических систем типа PIT (упругость–инерционность–трение). На основании поданного с помощью графического редактора Simulink [7 – 9], в окне модели из предложенной субмодели PIT построена графическая модель механической системы. На рис. 2 приведено распечатывание окна модели механической системы, которая состоит из четырех субмоделей механических систем PIT 1 PIT 4 и связей между ними.

С левой стороны находится модель привода (двигателя) системы.

Для визуализации результатов симуляции применены блоки Scope.

На рис. 3 изображена схема одной из субмоделей PIT, состоящая из традиционных блоков библиотеки Simulink: двух блоков – Transfunktion, двух сумматоров, линии связи

входов и выходов субмоделей, которые реализуются через порты входа и выхода.

При симуляции задавали следующие параметры системы: приведенные моменты инерции оборотных масс печатных секций $J_1 = J_2 = J_3 = J_4 = 0,2 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$; приведенные жесткости при упругих связях $C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = 1000 \text{ кГм/1/с}$; коэффициенты сил сопротивления $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = 0,2 \text{ кГм/1/с}$. К третьей печатной секции прилагается постоянный момент нагрузки $M_3 = 1 \text{ кг}\cdot\text{м}$, (независимо от скорости). Параметры привода: момент инерции $J_0 = 0.1 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$; коэффициент сил сопротивления $\alpha_0 = 0,1 \text{ кГм/1/с}$; коэффициент жесткости механической характеристики $\beta = 10 \text{ кГм/1/с}$.

Результаты компьютерной симуляции механической системы приведены на рис. 4. в виде графиков упругих моментов M_{01} и M_{34} . При подаче на входе двигателя степенной единичной скорости механической системы возникают значительные упругие колебания моментов.

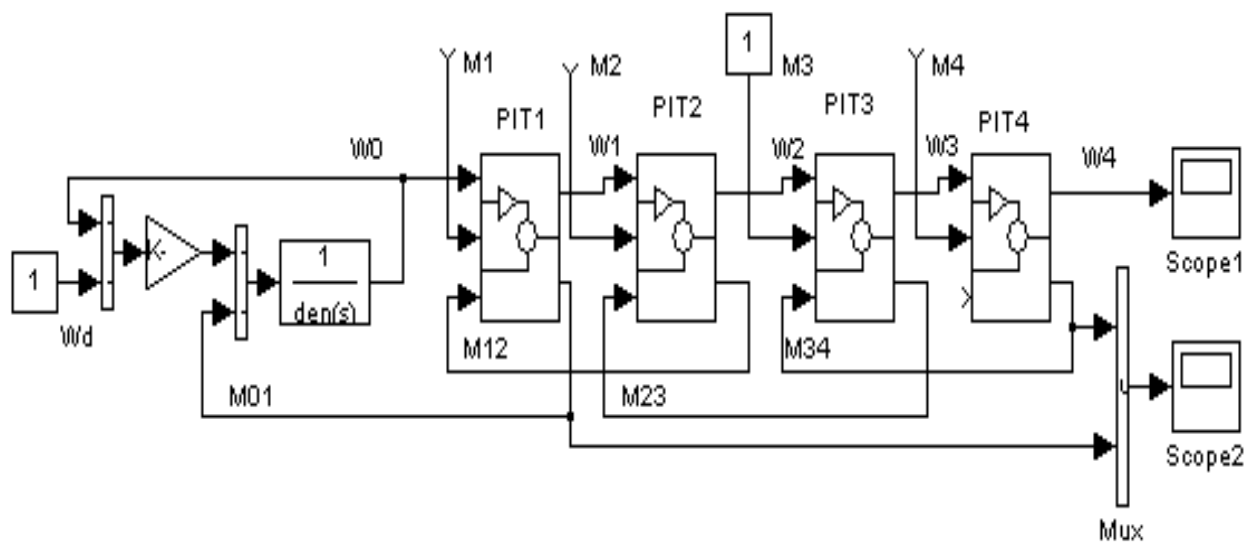


Рис. 2. Окно информационной модели механической системы
Fig. 2. Window of the information model of the mechanical system

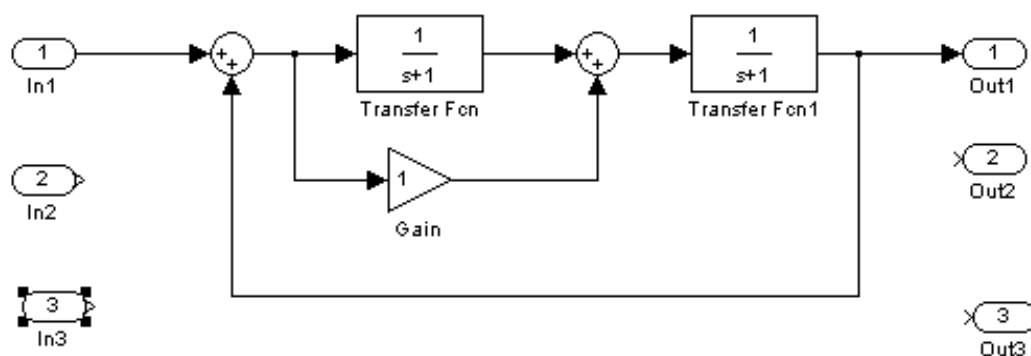


Рис. 3. Схема субмодели PIT
Fig. 3. Scheme of PIT sub-model

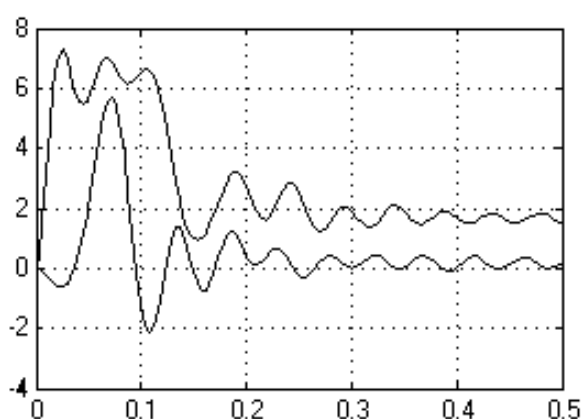


Рис. 4. График упругих моментов
Fig. 4. Chart of elastic moments

Амплитуда момента $M_{01} = 7,25$ кг·м. Максимальная амплитуда момента $M_{34} = 5,67$ кг·м. Затем момент изменяет знак и медленно затухает.

Из результатов компьютерной симуляции делаем вывод, что при действии циклических нагрузок, вызванных, например, наличием выемки на формном цилиндре для крепления печатной формы, в механической системе будут возникать упругие колебания моментов. Это вызывает шум и быстрое изнашивание зубчатых колес, уменьшение рабочей скорости машины и ухудшения качества печатной продукции.

Разработанные субмодели компонентов механических систем упрощают компьютерную симуляцию механических систем, и позволяют моделировать сложные механические системы ротационных и листовых многокрасочных печатных машин. Результаты симуляции можно использовать

для анализа существующих электромеханических систем печатных машин, осуществлять модернизацию конструкций, а также применять при построении новых подходов при конструировании полиграфического оборудования с целью улучшения динамики механических систем приводов печатных машин. И как следствие улучшение качества печатной продукции.

ВЫВОДЫ

В последние годы для моделирования динамики систем применяют разные программные пакеты, что упрощает эту задачу. Для компьютерной симуляции механических систем в среде Matlab – Simulink применяют структурные схемы, которые состоят из блоков библиотеки Simulink.

1. Классические методы анализа динамики механических систем на основании дифференциальных уравнений являются неудобными для представления в среде Matlab – Simulink. Поэтому нашли применения структурные методы анализа этих систем, представленные структурной схемой, которая построена на основании двухполюсных элементов и связей между ними.

2. Компьютерная симуляция на основании структурных схем в среде Matlab-Simulink практически оправдывает себя при симуляции несложных электромеханических систем, которые содержат не более 4 – 5 подвижных масс и упругих связей.

3. Предложены субмодели компонентов механических систем типа упругость-

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИМУЛЯЦИИ МНОГОМАССОВЫХ СИСТЕМ

инерционность – трение, что упрощает информационную симуляцию механических систем.

4. Применение субмоделей компонентов вместо существующих блоков библиотеки Simulink почти в четыре раза уменьшает количество блоков и связей в окне модели.

5. Результаты информационной симуляции свидетельствуют о простоте и эффективности предложенного подхода к симуляции механических систем на основании субмоделей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Borodakyj J.V. 2002. Information technology. Methods, processes and systems. /text/ J.V. Borodakyj, J. H. Lobodynskiy. – M.: Radio and feedback, 456.
2. Voloschak I.A. 1998. Autoactivated electric printing machines /text/ I.A. Voloschak, I.T. Strepko. – Lviv: Phoenix, 240.
3. Gulyaev A. 2000. Visual modeling environment MATLAB: training course/text/ A. Gulyaev – SPb.: Peter, 432.
4. Durnyak B.V. 2002. Feedtop syytemy roll rotational machines. Modeling, Management /text/ B.V. Durnyak. – K.: Atika, 292.
5. Dyakonov V.P. 1999. Mathematical system MATLAB 5.0/5.3 /text/ V.P. Dyakonov, N.V. Abramennova. – M.: Nomydzh, 640.
6. Egorov V.M. 1983. Dynamics of electric /text/ V.M. Egorov, V.M. Shestakov. – M.: Energoatomizdat, 216.
7. Kljuhev T.M Theory of electric /text/ V.N. Kljuhev. – M.:Energoatomizdat, 1985. – 560.
8. Lozinskiy A. Solving problems in electromechanics environments MathCad and MATLAB /text/ A. Lozinskiy, V. Moroz, J. Paranchuk. – Lviv: NU “Lviv Polytechnic”, 2000. – 166.
9. Luckiv M. M. 2000. Automatic control for rotary machines /text/ M.M. Luckiv. – Lviv : Ukrainian Academy of Printing, 152.
10. Luckiv M.M., Stasenko V.D., Shevchuk O.V. Multipolar 1994. Model of electrical systems /text/ M.M. Luckiv, V.D. Stasenko, O.V. Shevchuk // Technical Electrodynamics. – № 1. 39 – 42.
11. Mytrofanov V.P. Printing and Publishing /Text/V.P. Mytrofanov, A.A. Tyurin,

E.G. Birbraer and others. – M.: MTUP, 1999. – 443.

12. Mrozek B. 2004. MATLAB I Simulink. Povadnik uzutkovnika/ B. Mrozek, Z. Mrozek. – Gliwice : Wud. Helion, 348.

13. Perevozchikova O.L. 2003. Modern information technology /Text/ O.L. Perevozchikova. – K.: KROK, 126.

14. Regel W. 2004. Przyklady I iwiczenia w programie Simulink/ W. Regel. – Warszawa: Wud. Mikom. 88.

15. Shevchuk O., Kam'yanchyn I., Strepko I. Models multipolar components of electromechanical systems/ O. Shevchuk, I. Kam'yanchyn, I. Stepko./Text.

INFORMATION TECHNOLOGY OF THE COMPUTER SIMULATION OF MULTI MASS SYSTEMS

Summary. The article presents the task to construct sub-models of six-pole components for the information simulation of the multi mass systems of complex printing presses in Matlab-Simulink software.

Information technology of description of the dynamic properties of printing presses in the form of six-pole components reduces the number of equations that describes the system and simplifies the construction of the block diagram.

The article presents information technologies for construction of sub-models of six-pole components for informational simulation of multi – mass mechanical systems. The developed sub – models of components of mechanical systems simplify the computer simulation of mechanical systems, and allow to model complex mechanical systems of web and sheet multicolor printing presses. The results of the simulation are used to analyze the existing electromechanical systems of printing presses, upgrade them, and can be used in the construction of new approaches in the design of printing equipment to improve the dynamics of mechanical systems of printing presses drive. And as a consequence, it can improve the quality of printed products.

Key words: Information technology, information models, computer simulation, mechanical system, electro-mechanical system, sub – models of six – pole components.

LEASING AS A FINANCIAL INSTRUMENT OF MODERNIZATION OF PRODUCTIVE AND TECHNICAL CAPACITIES OF AN ENTERPRISE

Oleksandr Chopyk

Lviv State Financial Academy, Ukraine

Summary. The article asserts that different approaches to interpretation of leasing are forced by multi-aspect character of the economic notion, its complication and variety of application. Leasing is an alternative way of investment that intensifies process of modernization of material and technical base, favors competition in the sphere of production. The author analyzes conditions of the fixed assets and degree of their depreciation in the economy, cost distribution of the leased objects. In the work proposals as to improvement of state regulation of financial leasing are developed.

Key words: leasing, financial leasing, fixed assets, fixed capital, regulation of leasing relations.

PROBLEM SETTING

Nowadays, a strategic task of the state is to reach stability and sustainable development of the national economy by means of considerable increase of the volume of investment, modernization of a technical base and implementation of innovative activity at domestic enterprises as well as security of competitive capacity of their production, development of small and middle-size entrepreneurship, protection of the existing and creation of new job places to increase living standards of the population.

A correctly organized investment process is one of the instruments being able to help successful and fast fulfillment of the task. Many-year low level of investments into technical modernization of the economy and permanent under-financing of its real sector have resulted in accumulation of obsolete and worn-out production equipment. Present conditions of fixed assets at many enterprises in Ukraine do not correspond the requirements of technical progress. According to the data of the State committee of statistics, in 2012 63% of equipment in industry was obsolete that considerably decreased competitive capacity of

the domestic economy. One the modern and prospective financial instruments of investment is leasing. Under conditions of a deficiency of the own cost, limited possibilities of bank loans, budget under-financing of investment activity, application of leasing as a financial instrument allows Ukrainian enterprises carrying out an effective modernization of productive and technological capacities that will favor development of economy of the country and increase level of economic safety of the state.

ANALYSIS OF THE LATEST RESEARCHES AND PUBLICATIONS

Investigation of leasing as an instrument to finance modernization of the fixed assets of an enterprise is carried out in the works of many Ukrainian scientists-economists, such as Buriak P.Yu. [2], Vaskivska K.V. [2], Petryk I.V. [2], Tereshchenko H.M. [12], Kharytonov Yu.S. [14]. Among the foreign specialists, who study the problem, one should mention Brahytskyi M.I. [1], Vitrianskyi V.V. [1], Dzhukha V.M. [5], Kabatova K.V. [7] and others.

TASK SETTING

Aim of the research is to make a deeper study of theoretical and methodological fundamentals of leasing as a financial instrument and argumentation of practical recommendations as to stimulation of its application to secure efficient performance of productive and technical capacities of enterprises of suburban areas. Fulfillment of the aim anticipates solution of the following tasks, i.e. specification of the economic essence of the categories of "leasing", "financial leasing"; analysis of the conditions of fixed assets and degree of their depreciation in the economy; elaboration of proposals as to improvement of state regulation of financial leasing.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИМУЛЯЦИИ МНОГОМАССОВЫХ СИСТЕМ

MAIN MATERIAL

Leasing has an ancient roots [7; 9]. Codification of the norms, regulating leasing relations was made in the institutions of Justinian; notes about leasing were found in 1066, when William the Conqueror rented vessels from Normal ship owners to break in the British Isles; in 1248 crusaders, while preparing to campaign, got ammunition in leasing [5]; according to the Status of Wales of 1284, leaseholders rented land from land owners under the terms (rent payments, term) determined by the land owners. Kabatova K.V. says that the English author T. Clark has found notes about leasing in the Code of Hammurabi (1800 BC) [7, p. 76 – 78].

Nevertheless, we support the proposal of the scientists who consider that in those days it was not the leasing in the modern understanding of the notion. As V.V. Vitrianskyi [1, p. 113 – 129] and Yu.B. Kharytonova [15, p. 24 – 26] explain, in the above-mentioned documents it is written about the property lease (rent). At that time, economic activity of many ancient civilizations used lease of agricultural instruments, land, water resources, animals. Such property relations were connected with owning of a thing on the legal base that differed from the right of ownership, and some researchers call the term leasing by mistake.

Scientist and economist Horemykin V.A. confirms that the term “leasing” was firstly used in economic circulation in 1877, when American Telephone Company “Bell” began not to sell its telephone apparatus, but give it for a temporary utilization under the terms of payment, allowing to expand sale of the product [9, p. 3–5].

Modern leasing was started in the practice of North American industrial corporations and banks in the middle of 19th – beginning of 20th century [14, p. 24–33], when making agreement about property, they included a condition about the right to buy it (option) to secure more careful and safer utilization of it. The option was allowed for a user after the end of lease term [15, p. 24–26]. In the Western Europe leasing appeared in the middle of 20th century [1, p. 57–64] as a form of money investment into the economy, by means of purchase of

machinery and equipment by financial organizations that have been ordered by industrial companies with the later leasing of it.

World market of leasing started its establishment and rapid development in the post-war period as a new instrument of modernization of obsolete fixed assets of industrial enterprises due to the following factors: insufficient amount of free liquid assets; sharp competition, requiring, on the one side, optimization of investment, and on the other side – expansion of sale market and search of non-traditional channels of products sale; increase of the volume and degree of participation of small and middle-size enterprises in general economic development.

According to the Letter of the President of Ukraine to the Supreme Council of Ukraine “The European choice. Conceptual fundamentals of the strategy of economic and social development of Ukraine in 2002-2011” [10], base of the strategic course of Ukraine is made by fulfillment of the state policy, directed at introduction of innovative model of structural transformation of the economy, which can be fulfilled in the development of leasing activity. Different approaches to interpretation of leasing are caused by multi-aspect character of the economic notion, its complication and variety of application, peculiarities of economic systems of different countries and specificity of application of leasing relations in the systems. Under the notion of financial leasing one understands an economic transaction of physical or juridical person, that provides transfer of property, i.e. fixed assets purchased or made by lessor, to a leaser as well as all risks and benefits connected with the right of utilization and ownership of the object of leasing for the term, during which not less than 75% of its primary cost is amortized, and balanced cost of the object of leasing at the end of leasing agreement, makes not more than 25% of the primary cost of such object of leasing, that acts at the beginning of the leasing agreement.

Leasing is an alternative way of investment that accelerates modernization of material and technical base and creates competition in the sphere of production. Fixed assets of enterprises are worn-out and the degree of the depreciation makes 74,9% (table 1).

Table 1. Cost of fixed assets in Ukraine in 2002 – 2012

| Years | Actual prices at the end of a year, mln UAH | | Degree of depreciation, % |
|-------|---------------------------------------------|--------------|---------------------------|
| | primary (revaluated) cost | balance cost | |
| 2002 | 828822 | 466448 | 43,7 |
| 2003 | 915477 | 503278 | 45,0 |
| 2004 | 964814 | 512235 | 47,2 |
| 2005 | 1026163 | 538837 | 48,0 |
| 2006 | 1141069 | 587453 | 49,3 |
| 2007 | 1276201 | 661565 | 49,0 |
| 2008 | 1568890 | 774503 | 51,5 |
| 2009 | 2047364 | 993346 | 52,6 |
| 2010 | 3149627 | 1251178 | 61,2 |
| 2011 | 3903714 | 1597416 | 60,0 |
| 2012 | 6648861 | 1731296 | 74,9 |

Source: calculated basing on the source [12].

High degree of depreciation proves the difficulty technical conditions of fixed assets, necessity of their modernization and substitution. Unsatisfactory conditions of production potential in the field of real sector of the economy causes necessity of investment attraction.

Table 2 presents information that allows estimation of the dynamics of investment into the fixed capital of Ukraine and also sources of formation of investment resources during the period from 2008 to 2012.

One of the criteria, differentiating investment is a source of its formation that can be own or borrowed one. To finance fixed assets, foreign investors were also attracted as well as the state and local budget and population. In 2012 a share of them made 38,1 %. Share of the own sources of enterprises and organizations prevailed in investment and was in limits of 54,0 % and 63,3 % in 2012 and 2010 respectively.

Table 2. Dynamics of capital investments, investments into fixed assets and the sources of their formation in Ukraine during 2008-2012

| Indicators | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
|--------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Capital investments revealed in actual prices, mln UAH | 222679 | 272074 | 192878 | 189061 | 259932 |
| Investments into fixed assets (revealed in actual prices) mln UAH | 188486 | 233081 | 151777 | 150667 | 209130 |
| Including: - by means of own cost of enterprises and organizations, mln UAH | 106520 | 132138 | 96019 | 83997 | 112989 |
| % in relation to the total | 56,5 | 56,7 | 63,3 | 55,7 | 54,0 |
| - credits of banks and other loans, mln UAH | 31182 | 40451 | 21581 | 20611 | 37436 |
| % in relation to the total | 16,6 | 17,3 | 14,2 | 13,7 | 17,9 |
| - cost of foreign investors, mln UAH | 6660 | 7591 | 6859 | 3429 | 6544 |
| % in relation to the total | 3,5 | 3,3 | 4,5 | 2,3 | 3,1 |
| - other sources (cost of the state budget, local budgets, population), mln UAH | 44124 | 52901 | 27318 | 42630 | 52161 |
| % in relation to the total | 23,4 | 22,7 | 18 | 28,3 | 25 |

LEASING AS A FINANCIAL INSTRUMENT OF MODERNIZATION OF PRODUCTIVE AND TECHNICAL CAPACITIES OF AN ENTERPRISE

In Ukraine financial leasing is getting more popular and, thus, experience of economically developed countries in the sphere of its application requires detailed study and rational application.

Financial leasing in comparison to investment credit is more rational both for potential “borrowers” (conditions of getting such credit are more strict ones) and for commercial banks (number of potential borrowers of the above-mentioned kind of crediting is much limited). It also helps to solve the problem of the influence of financial institution, that is especially actual under conditions of sharp competition of market economy. At the same time, leasing is a complex form of economic relations that includes a lot of risks. In such situation, special attention should be paid to minimization of them.

At the end of 2011 value of running agreements of financial leasing made 33,6 bln UAH. In comparison to the end of the previous year, increase of the market made 3,1 bln UAH (or 10%). Acting at the end of 2011, the average value of a current agreement increased by 0,18 mln UAH (9 %) and made approximately 1,74 mln UAH. At the end of 2012 number of all

running agreements made 19281, that is by 292 agreements less than at the end of 2011.

Fig 1. demonstrates cost distribution of all running agreements of financial leasing, acting in 2011-2012.

In the reported period, comparing to 2011 one can observe the increase by 2,58 % of the share of short-term (up to 2 years) agreements; insignificant decrease (by 0,66 %) of the share of contracts for the term of 2-5 years; increase by 3 % of the share of agreements running from 5 to 10 years and decrease of the number of long-term (more than 10 years) agreements by 4 %.

Let us consider cost distribution of the purchased objects of leasing during 2011-2012 according to the following groups (fig. 2):

group 1 – buildings, constructions, their structural components and driving gears, including house buildings and their components (apartments and common areas), cost of capital improvement of land;

group 2 – automobiles and spare parts for them; furniture; household electronic, optical, electromechanical appliances and instruments, other office equipment and accessories;

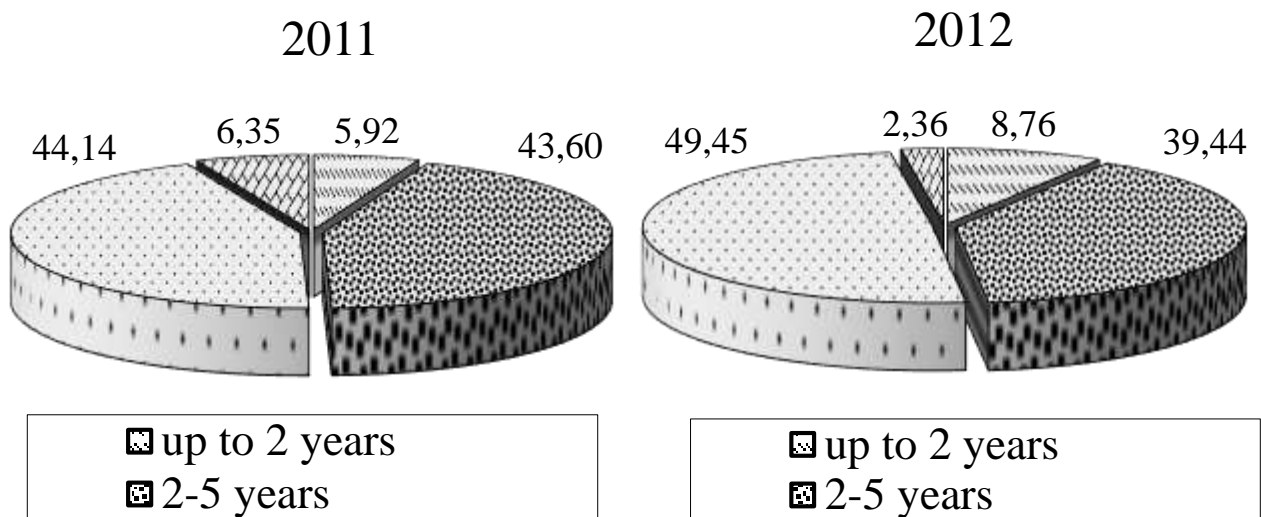


Fig. 1. Cost distribution of the running agreements of financial leasing, acting in 2011-2012 *,%.

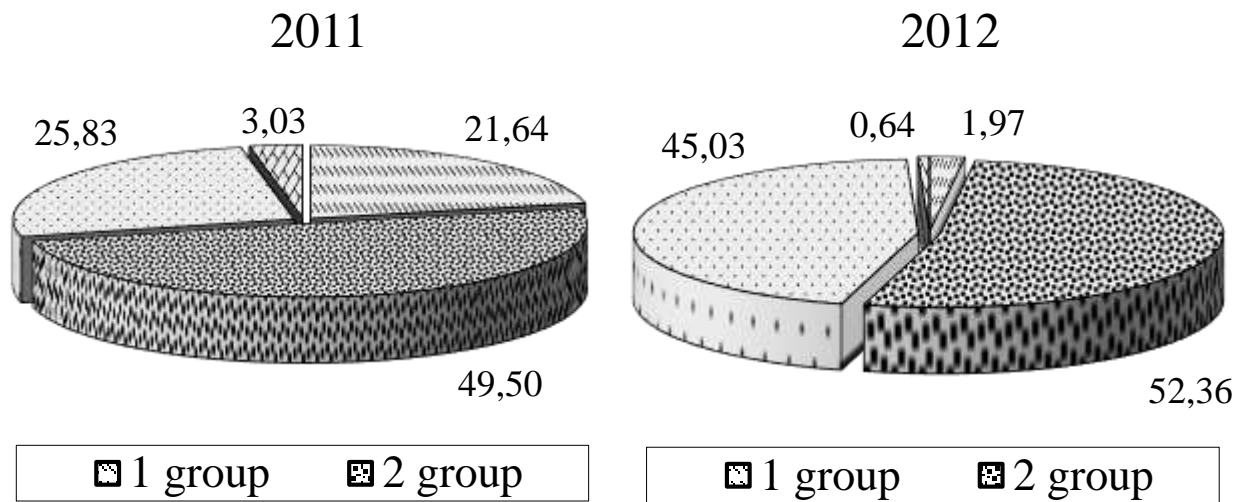


Fig. 2. Cost distribution of leasing objects, purchased during the reported period 2011-2012 *,%.
Source: calculated basing on the source [12].

group 3 – any other fixed assets that are not included in the groups 1, 2 and 4;

group 4 – computers, other machines for automatic processing of information, software for them, devices of reading and printing of information, other information system, telephones (including cell ones), microphone and portable radio transmitters, cost of which exceeds cost of low-value goods (items).

During the analyzed period, goods of the 2 and 3 groups of fixed assets were the most popular, including automobiles, equipment, technique, machinery. Because of the absence of leasing transactions with real estate (that is stressed by a crisis at the market of building, lowering of demand on real estate and respectively prices, absence of solvent consumers), share of the group 1 is the smallest one.

Share of the own cost in the structure of the sources of leasing transactions financing has decreased by 8,29 % in the period under investigation, while the share of borrowed cost increased by 8,15 %. It is connected with the rise of demand on leasing services and need of additional financing attraction.

In Ukraine, a model of financial market regulation combines both state regulation and self-regulation inside each segment of the market. Thus, self-regulation favors development of market relations in the field of financial leasing, whereas state regulation – protection of the rights of owners and investors. In the countries of transitional economic formation, the model of state

regulation should be rather strict one, because under such conditions one can witness much more attempts to break a law [13, p. 31 – 33].

To support efficient development of Ukrainian financial market it is necessary to have a mega regulator that is established according to the international tendencies and also strategies of the financial market development [6].

Everybody would agree to the idea of H.M. Tereshchenko as to establishment of the mega regulator by means of consolidation of the State commission on securities and fund market, the State commission on regulation of financial services (Derzhkomfinposluch) and department of bank supervision, excluded from the NBU. Functions of norm establishment, elaboration and introduction of the state policy of development of financial services market reasonably should be fulfilled by the Ministry of Finance of Ukraine. At the same time, the mega regulator should also fulfill the functions of control and supervision that can considerably rise the efficiency of the supervision over keeping to the legislation by the participants of the market of financial leasing and other financial services [13, p. 109-114]. Besides, as most of the EU countries have already introduced the mega regulators, accumulation of the regulation function by one authority should be considered as an important step, approaching domestic financial infrastructure to the European one.

Among the principal directions of state regulation of the financial services market,

LEASING AS A FINANCIAL INSTRUMENT OF MODERNIZATION OF PRODUCTIVE AND TECHNICAL CAPACITIES OF AN ENTERPRISE

particularly leasing, one can distinguish the following ones: entering of information about leasing companies into the State register of financial services; registration of juridical persons-subjects of economic activity that are not financial companies according to their legal status, but are able to provide services of financial leasing; check financial institutions – lessors; obtain reports from the subjects of supervision of the State commission of financial services as to making of financial services; apply means of impact and impose administrative fines in case of breaking of legislation of Ukraine on financial services. All the functions are determined in corresponding laws and normative-legal acts.

CONCLUSIONS

Improvement of the directions of leasing relations regulation enables considerable broadening of the sphere of leasing application as an alternative long-term mechanism of financing of purchase of transports, equipment, technique, real estate and favors efficient application of the mechanism by subjects of economic activity. Implementation of the proposed changes in the policy of state regulation of financial leasing will support: substantial broadening of supply at the market of long-term resources for Ukrainian enterprises and increase of their competitive capacity; growth of budget income from the increase of production of goods and services, which will be produced by the fixed assets, purchased by the way of leasing; cheapening of leasing transactions for their ultimate users; development of a stable, competitive financial market that helps establishment of economic conditions for economic growth of enterprises.

REFERENCES

1. Brahynskiy M.I. 2003. Contract right. Book one: General fundamentals / M.I. Brahynskiy, V.V. Vitrianskyi // M.: Status, 848.
2. Buriak P.Yu. 2013. Financial and economic mechanism of the development of small entrepreneurship: monograph / P.Yu. Buriak, K.V. Vaskivska, I.V. Petryk // Lviv: Publ. "Liha-Pres" ltd. 292.

3. Vaskivska K.V. 2009. Investment attractiveness of rural areas / K.V. Vaskivska / Messenger of LNAU: economics of AIC. – № 16 (2). 310 – 314.
4. Horemykin V.A. 1997. Leasing: practical educational-reference book / V.A. Horemykin // M.: Infra-M. 384.
5. Dzhukha V.M. 2002. Leasing / V.M. Dzhukha // Rostov – na – Donu: Feniks, 317.
6. Ivanytska O.M. Conceptual approach as to regulation of the development of financial infrastructure in Ukraine / O.M. Ivanytska // State department: theory and practice: Electronic scientific professional edition. – 2006. - №1 // www.nbu.gov.ua.
7. Kabatova K.V. 2001. Leasing: notion, legal regulation, international unification/ K.V. Kabatova // M.: Nauka, 130.
8. Convention of the World Customs Organization “On simplification and harmonization of customs procedures” (Kyoto convention of 1999) / Electronic resource // http://www.eclg.gov.ua/approx_programme/02_customs.htm#2.1.
9. Leasing of real estate as a form of financing of building abroad // BIKI. – 2004. - № 38. – 1-5.
10. Letter of the President of Ukraine to the Supreme Council of Ukraine “The European choice. Conceptual fundamentals of the strategy of economic and social development of Ukraine in 2002 – 2011” // Uriadovyi kurier. – 2002. – June, 4.
11. Prokopyshak V., Chopyk O., Sushchenko O. 2013. Directions for consolidation of investment activity of enterprises / V. Prokopyshak, O. Chopyk, O. Sushchenko // Messenger of LNAU: economics of AIC. – № 20 (1).236-241.
12. Statistical year-book of Ukraine of 2012 // State Department of Statistics of Ukraine. – K., 2013. – 552.
13. Tereshchenko H.M. 2010. Directions of improvement of the system of state regulation of financial services market / H.M. Tereshchenko // Scientific works NDFI. – № 4. 109 – 114.
14. Ukraine masters leasing // Messenger of NBU. – 1997. – February. 24 – 33.
15. Kharytonova Yu.S. 2005. Financial lease (leasing)/ Yu.S. Kharytonova // Legislation. – - № 1. 24 – 26.

**ЛИЗИНГ КАК ФИНАНСОВЫЙ
ИНСТРУМЕНТ ОБНОВЛЕНИЯ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ И
ТЕХНИЧЕСКИХ МОЩНОСТЕЙ
ПРЕДПРИЯТИЙ**

Аннотация. Отмечено, что разные подходы относительно трактовки лизинга обусловлены многоаспектностью этого экономического понятия, его сложностью, разнообразием областей применения. Лизинг выступает альтернативным способом инвестирования, убыстряет обновление

материально-технической базы, создает конкуренцию в сфере производства. Проанализировано состояние основных средств и уровень их износа в экономике, стоимостное распределение приобретенных объектов лизинга. Разработанные предложения относительно государственной регуляции финансового лизинга.

Ключевые слова: лизинг, финансовый лизинг, основные средства, основной капитал, регуляция лизинговых отношений.

WPLYW WILGOTNOŚCI NA ENERGIĘ ZAGĘSZCZANIA WYBRANYCH ODMIAN PSZENICY

Łukasz Kwiecień, Ryszard Kulig, Janusz Laskowski, Renata Różyło, Agnieszka Malec, Stanisław Skonecki, Grzegorz Łysiak

Katedra Eksploatacji Maszyn Przemysłu Spożywczego, Uniwersytet Przyrodniczy, Poland

Streszczenie: Przedstawiono wyniki badań nad określeniem wpływu wilgotności ziaren pszenicy odmian Bryza, Emika oraz Kobiera na parametry procesu aglomeracji. Wilgotność surowca wynosiła od 8% do 16%. Doświadczenia przeprowadzono na maszynie wytrzymałościowej ZWICK typ ZO20/TN25. Badano nakłady energii oraz podatność materiału na aglomerowanie. Wykazano, że energochłonność procesu zagęszczania zależy zarówno od wilgotności pszenicy jak i jej odmiany.

Z badań wynika, że wraz ze wzrostem wilgotności maleje praca zagęszczania oraz współczynnik podatności materiału na zagęszczanie. Stwierdzono, że zwiększenie wilgotności surowca polepsza jego podatność na aglomerację, ale negatywnie wpływa na jakość aglomeratu.

Słowa kluczowe: zagęszczanie, brykietowanie, ziarna zbóż, pszenica, wilgotność, współczynnik podatności na zagęszczanie

WSTĘP

Proces ciśnieniowej aglomeracji znajduje zastosowanie w bardzo wielu gałęziach przemysłu, m.in. w metalurgii, farmacji, a także przy produkcji artykułów spożywczych oraz pasz dla zwierząt w przemyśle rolno-spożywczym [2-5, 15].

Jakość uzyskanego aglomeratu oraz przebieg procesu ciśnieniowej aglomeracji surowców pochodzenia roślinnego zależą od właściwości fizyko-chemicznych użytego materiału oraz przyjętej technologii aglomerowania [1, 5, 6, 8, 12, 13, 15, 17, 19]. Decydujący wpływ na energochłonność procesu, a także podatność materiału na zagęszczanie, mają właściwości użytego surowca. Bardzo ważnym parametrem wpływającym na pobór energii w procesie aglomeracji oraz właściwości otrzymanego aglomeratu jest wilgotność surowca [7, 9, 10, 11, 16, 18]. Zwiększenie wilgotności może

skutkować lepszą spójnością aglomeratu oraz większą wydajnością procesu [20]. Udział wody umożliwia powstawanie większej ilości mostków cieczowych oraz zwilża cząstki materiału, przez co zmniejsza tarcie surowca przechodzącego przez matrycę [17]. Dlatego badania nad wpływem wilgotności surowca podczas aglomeracji są bardzo ważne, aby w praktyce obniżyć koszty ponoszone na energię zużywaną podczas wytlaczenia.

Celem niniejszego opracowania jest określenie wpływu wilgotności na energochłonność oraz inne parametry procesu aglomerowania wybranych odmian pszenicy. Praca jest kontynuacją badań nad tymi zagadnieniami, które przedstawiono w poprzednich pracach Katedry Eksploatacji Maszyn Przemysłu Spożywczego Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie [7-13, 16, 18, 19].

MATERIAŁY I METODY

Do badań wykorzystano ziarna trzech odmian pszenicy: Bryza, Emika i Kobiera. Materiał został rozdrobniony na rozdrabniaczu bijakowym H-950, który był wyposażony w sito o wymiarach otworów $\phi 4$ mm. Badania aglomeracji ciśnieniowej wykonano zgodnie z metodyką przedstawioną przez Laskowskiego i Skoneckiego [8]. Materiał był zagęszczany w maszynie wytrzymałościowej Zwick Z020/TN2S, której zespół prasujący posiada matrycę zamkniętą o średnicy komory zagęszczania równej 15 mm. W badaniach były wykorzystane próbki materiału o masie 2 g, temperatura cylindra wynosiła 20°C , prędkość przemieszczania tłoka $10\text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$, maksymalna siła zagęszczania wynosiła 20 kN (maksymalny nacisk jednostkowy tłoka 114 MPa). Zagęszczanie surowca prowadzono każdorazowo w trzech powtórzeniach dla próbek o wilgotności 8%, 10%, 12%, 14% i 16%. Wymaganą wilgotność materiału uzyskano poprzez suszenie lub dodawanie odpowiedniej ilości wody do próbek

o określonej masie oraz wilgotności. Następnie próbki przechowywano przez 48 godzin.

Efektom badań procesu była krzywa zagęszczania (zależność siły zagęszczania od przemieszczenia tłoka). Na podstawie charakterystycznych punktów krzywej wyznaczono: maksymalną gęstość materiału w komorze (ρ_c), pracę jednostkową zagęszczania (L_c') oraz obliczono współczynnik podatności materiału na zagęszczanie (k_c).

Maksymalną gęstość materiału w komorze zagęszczania (ρ_c) określono ze wzoru:

$$\rho_c = \frac{m}{V} \quad (\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}) \quad (1)$$

gdzie: m – masa materiału, g; V – objętość materiału, cm^3 .

Pracę jednostkową obliczono ze wzoru:

$$L_c' = \frac{L_c}{m} \quad (\text{J}\cdot\text{g}^{-1}) \quad (2)$$

gdzie: L_c – praca zagęszczania, J.

Współczynniki podatności materiału na zagęszczanie (k_c) obliczono ze wzoru:

$$k_c = \frac{L_c'}{(\rho_c - \rho_n)} \quad ((\text{J}\cdot\text{g}^{-1})/(\text{g}\cdot\text{cm}^{-3})) \quad (3)$$

gdzie: ρ_n – gęstość początkowa (nasykowa) materiału w komorze zagęszczania, $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$.

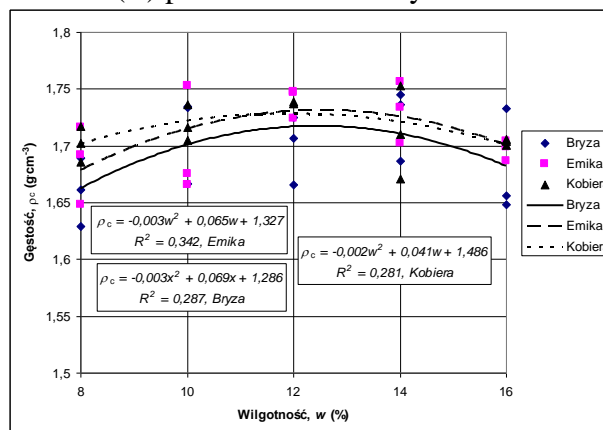
Analizę zależności pomiędzy wilgotnością, a parametrami procesu zagęszczania, wykonano przy pomocy programu EXCEL.

WYNIKI BADAŃ

Wyznaczono zależności pomiędzy wilgotnością użytego surowca, parametrami procesu zagęszczania (maksymalnej gęstości aglomeratu w komorze (ρ_c), jednostkowej pracy zagęszczania (L_c') oraz podatności materiału na zagęszczanie (k_c)). Wykresy, które obrazują te zależności, równania regresji i wartości współczynników determinacji R^2 przedstawiono na rys. 1-3.

Stwierdzono, że wzrost wilgotności materiału w granicach od 10% do 14% powoduje zwiększenie maksymalnej gęstości surowca (ρ_c). Zarówno obniżenie jak i zwiększenie wilgotności od podanego przedziału skutkuje obniżeniem gęstości surowca w komorze zagęszczania. Wartości maksymalnej gęstości w komorze zagęszczania były podobne dla badanych odmian pszenicy, a zmienność gęstości surowca wynosiła dla Bryzy

od 1,63 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ do 1,75 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$, dla Emiki od 1,65 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ do 1,75 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$, dla Kobiery od 1,67 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ do 1,75 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Zauważono, że gdy zawartość wilgoci w badanych próbkach zwiększała się, następowało większe rozprężanie się uzyskanego aglomeratu. Najmniejszą gęstość uzyskano dla materiału o wilgotności 8% i 16%. Zależność gęstości materiału w komorze (ρ_c) od wilgotności surowca (w) przedstawiono na rys. 1.



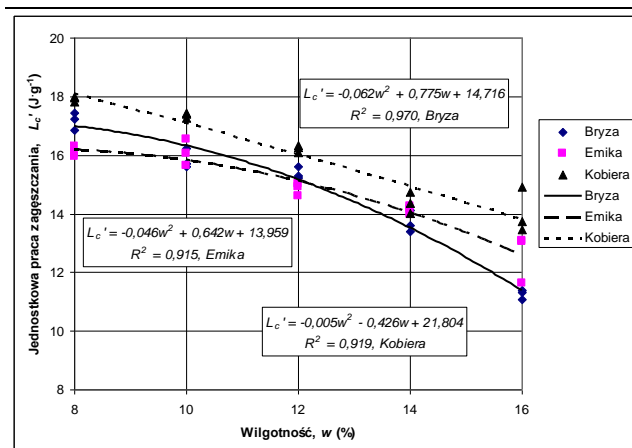
Rys. 1. Zależność gęstości materiału w komorze (ρ_c) od wilgotności surowca (w)

Fig. 1. Correlation between material density in the chamber (ρ_c) and material moisture (w)

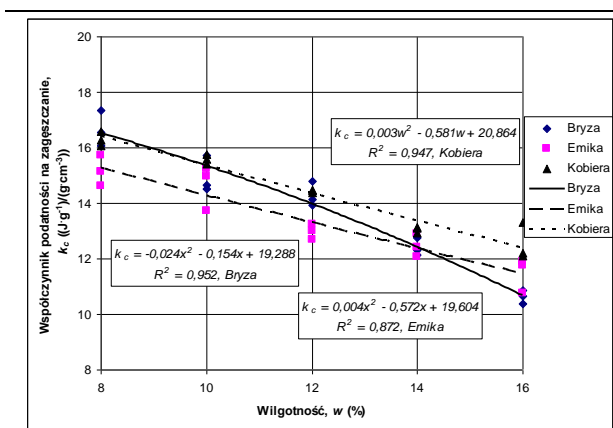
Badania wykazały, że wraz ze wzrostem wilgotności materiału maleje energochłonność procesu, a wartość jednostkowej pracy zagęszczania (L_c') wynosiła dla Bryzy od 17,5 $\text{J}\cdot\text{g}^{-1}$ do 11,3 $\text{J}\cdot\text{g}^{-1}$, dla Emiki od 16,1 $\text{J}\cdot\text{g}^{-1}$ do 11,6 $\text{J}\cdot\text{g}^{-1}$, dla Kobiery od 17,9 $\text{J}\cdot\text{g}^{-1}$ do 13,5 $\text{J}\cdot\text{g}^{-1}$. Zależność jednostkowej pracy zagęszczania (L_c') od wilgotności surowca (w) przedstawiono na rys. 2.

Stwierdzono, że gdy rośnie wilgotność surowca użytego do aglomerowania to wraz z nią maleje współczynnik podatności materiału na zagęszczanie (k_c), a jego wartości zawierają się w przedziale dla Bryzy od 17,3 $(\text{J}\cdot\text{g}^{-1})/(\text{g}\cdot\text{cm}^{-3})$ do 10,4 $(\text{J}\cdot\text{g}^{-1})/(\text{g}\cdot\text{cm}^{-3})$, dla Emiki od 15,7 $(\text{J}\cdot\text{g}^{-1})/(\text{g}\cdot\text{cm}^{-3})$ do 10,8 $(\text{J}\cdot\text{g}^{-1})/(\text{g}\cdot\text{cm}^{-3})$, dla Kobiery od 16,5 $(\text{J}\cdot\text{g}^{-1})/(\text{g}\cdot\text{cm}^{-3})$ do 12,1 $(\text{J}\cdot\text{g}^{-1})/(\text{g}\cdot\text{cm}^{-3})$. Zauważono również, że wraz ze wzrostem wilgotności surowca polepsza się jego podatność na zagęszczanie. Zależność współczynnika podatności materiału na zagęszczanie (k_c) od wilgotności surowca (w) przedstawiono na rys. 3.

WPLYW WILGOTNOŚCI NA ENERGIĘ ZAGĘSZCZANIA WYBRANYCH ODMIAN PSZENICY



Rys. 2. Zależność jednostkowej pracy zagęszczenia (L_c') od wilgotności surowca (w)
 Fig. 2. Corelation between compaction effort (L_c') and material moisture (w)



Rys. 3. Zależność współczynnika podatności materiału na zagęszczenie (k_c) od wilgotności surowca (w)
 Fig. 3. Corelation between coefficient of susceptibility to compaction (k_c) and material moisture (w)

Podsumowując uzyskane wyniki badań można stwierdzić, że większa zawartość wilgoci w materiale polepsza podatność na zagęszczenie, ale jednocześnie powoduje osłabienie wytrzymałości aglomeratu, dlatego większa podatność na zagęszczenie nie jest gwarancją uzyskania aglomeratu o wysokiej jakości.

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań można przedstawić następujące wnioski:

1. Wpływ wilgotności na proces aglomerowania jest bardzo znaczący i

przyczynia się do istotnych zmian gęstości surowca w komorze zagęszczania. Wilgotność ma duży wpływ również na inne parametry zagęszczania m.in. na podatność materiału na zagęszczenie oraz energochłonność procesu.

2. Zwiększenie wilgotności surowca powoduje zmniejszenie jednostkowej i całkowitej pracy zagęszczania tego materiału.

3. Stwierdzono, że im mniejsza wartość współczynnika podatności materiału na zagęszczenie, tym surowiec jest bardziej podatny na aglomerowanie.

4. Im większa wilgotność surowca używanego do zagęszczania, tym gorsza jest jakość uzyskanego aglomeratu.

5. Wykazano, że energochłonność procesu zależy zarówno od wilgotności ziarna jak i jego rodzaju.

LITERATURA

- Adapa P., Tabil L., Schoenau G., 2009: Compaction characteristics of barley, canola, oat and wheat straw. *Biosystems Engineering*, 104, 335-344.
- Ewsuk K. G., 1997: *Compaction Science and Technology*. Materials Research Society Bulletin, 22(12), 14-18.
- Ferrero A., Molenda. M., 1999: Device for continuous measurement of straw briquette expansion. *Int. Agrophysics*, 13, 87-92.
- Georget D. M. R., Parker R., Smith. A.C., 1994: A study of the effects of water content on the compaction behavior of breakfast cereal flakes. *Powder Technology*, 81, 189-195.
- Hejft R., 2002: Ciśnieniowa aglomeracja materiałów roślinnych. Politechnika Białostocka, Wydawnictwo i Zakład Poligrafii Instytutu Technologii Eksploatacji w Radomiu.
- Kaliyan N., Morey R.V., 2009: Densification characteristics of corn stover and switchgrass. *Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 52(3), 907-920.
- Kowalczyk-Juško A., Kulig R., Laskowski J., 2011: The influence of moisture content of selected energy crops on the briquetting process parameters. *Teka Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*, vol 11, 189-196.

8. Kulig R., Laskowski J., 2005: Wpływ procesu kondycjonowania surowców zbożowych na wybrane właściwości fizyczne granulatu. *Acta Agrophysica*, 5(2), 325-334.
9. Kulig R., Laskowski J., 2006: Nakłady energii w procesie granulowania śrut pszenicy o różnym stopniu rozdrobnienia. *Motrol*, tom 8A, 187-192.
10. Kulig R., Łysiak G., Skonecki S., Laskowski J., 2013: Wpływ stopnia rozdrobnienia na efektywność zagęszczania słomy rzepakowej z dodatkiem lepszczu. *Motrol*, Vol 15, No 1: 87-92.
11. Kulig R., Skonecki S., 2011: Wpływ wilgotności na parametry procesu zagęszczania wybranych roślin energetycznych. *Acta Agrophysica*, 17(2): 335-344.
12. Laskowski J., Łysiak G., Skonecki S., 2005: Mechanical properties of granular agro-materials and food powders for industrial practice. Part II. Material properties in grinding and agglomeration. Centre of Excellence for Applied Physics in Sustainable Agriculture AGROPHYSICS, Institute of Agrophysics PAS, Lublin, 1-158.
13. Laskowski J., Skonecki S., 1999: Influence of moisture on the physical properties and parameters of the compression process of cereal grains. *Int. Agrophysics*, 13, 477-486.
14. Mani S., Tabil L.G., Sokhansanj S., 2006: Effects of compressive force, particle size and moisture content on mechanical properties of biomass pellets from grasses. *Biomass and Bioenergy*, 30(7), 648 - 654.
15. Melcion J. P., 1995: Testing procedures for pelleting research. *Feed Mix*, 3 (5), 33-37.
16. Skonecki S., Kulig R., 2011: Wpływ wilgotności biomasy roślinnej i nacisku tłoka na parametry brykietowania i wytrzymałość aglomeratu. *Autobusy, Technika, Eksploatacja, Systemy transportowe*, 10, 375-386.
17. Skonecki S., Laskowski J., 2010: Wpływ wilgotności śruty zbożowej na process wytłaczania. *Acta Agrophysica*, 15(1), 155-165.
18. Skonecki S., Laskowski J., Kulig R., Łysiak G., 2012: Wpływ wilgotności materiału i średnicy komory na parametry zagęszczania miskanta olbrzymiego. *Acta Agrophysica* vol. 20, nr. 1: 185-194.
19. Skonecki S., Sudół A., Laskowski J., 2003: Wpływ cech mechanicznych ziarna pszenicy na parametry zagęszczania. *Acta Agrophysica*, 2(1), 179-189.
20. Thomas M., van Kol E., Tamminga S., Verstegen M. W. A., van der Poel A. F. B., 1997: Effect of water, steam and shear conditioning on the protein quality of soy grits. *J. Sci. Agric.*, 74, 392-400.

INFLUENCE OF MOISTURE CONTENT OF SELECTED VARIETIES OF WHEAT ON ENERGY OF COMPRESSION PROCESS

Summary. This study presents the influence of moisture content of varieties of wheat: Bryza, Emika and Kobiera on the compression process. Material moisture ranged from 8% to 16%. The experiments were performed with the help of a universal strength tester, Zwick Z020/TN25. Were studied energy expenditures and susceptibility to compaction of material. It has been shown that the energy consumption of the process depends of the moisture and the variety of wheat. A decrease of compaction effort and coefficient of susceptibility to compaction for higher values of moisture were observed. Higher level of moisture had a positive effect on agglomeration ability and a negative one on the strength of agglomerates.

Key words: compaction, briquetting, varieties of wheat, moisture, coefficient of susceptibility to compaction.

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СОСТАВЛЯЮЩИХ СТРУКТУРЫ ПРОЦЕССОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ТРАКТОРОВ ХТЗ-150К-09

*Роман Кузьминський, Руслан Барабаш, Микола Михалюк
Львовський національний аграрний університет, Україна
Roman Kuzminskyu, Ruslan Barabash, Mykola Mykhaljuk
Lviv National Agrarian University, Ukraine*

Аннотация. На основании общих положений исследования процессов технического сервиса разработана частичная методика расчета параметров и показателей эффективности технологических процессов технического обслуживания на основе их моделирования с использованием теории графов и расписаний, которая делает возможным учитывать структурных особенностей ТП ТО, – ограничений на очередность выполнения операций, размещения рабочих зон объекта обслуживания. С использованием разработанной методики установлены зависимости между параметрами и показателями эффективности ТП ТО тракторов ХТЗ–150К–09, которые являются основанием для формирования параметрических рядов производственных структур пунктов технического обслуживания разной производительности.

Ключевые слова: трактора, техническое обслуживание, технологический процесс, производственный процесс, параметры, показатели.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Сейчас специалисты считают самым рациональным использование тракторов мощностью не меньше 150 к.с. Именно на таких тракторах еще со времен индустриализации специализируется Украина, то есть ХТЗ.

Поэтому важного значения предоставляют централизованном техническом обслуживании энергонасыщенных тракторов типа ХТЗ–150К–09, при условиях создания сети фирменных центров из технического обслуживания, в том числе с привлечением частного капитала. Техническая готовность таких тракторов в напряженные периоды полевых работ в результате своевременного

обслуживания и ремонта достигает 80%, наработки, сравнительно с тракторами, которые обслуживают в хозяйствах или на фермах, увеличивается на 10–16%, а затраты на обслуживание и текущий ремонт сокращаются на 15–20%. Следует заметить, что во многих хозяйствах такие трактора эксплуатируются не совсем удовлетворительно. Их среднесуточный наработок на 20% ниже нормативного, а затраты на содержание, значительная часть которых приходится на текущий ремонт, значительно больше.

Основными причинами неудовлетворительного использования технических возможностей таких машин является низкий уровень организации и нарушения правил технического обслуживания и ремонта. В условиях хозяйств регламент технического обслуживания выполняется в объеме 35 – 45% запланированного. Недовыполнение плановых объемов работ приходится на самые сложные и ответственности операции ТО–2, ТО–3, ТО–3^{ПП} и ТО–3^{КР} а это своей очередью приводит к увеличению затрат на устранение последствий отказов и к долговременному простоя машинно-тракторного парка по техническим причинам. При среднегодовом наработке тракторе 1500 мото-часов простои через устранение последствий отказов и для ремонта представляют в среднем 20-25% рабочего времени, при своевременном и качественном обслуживании в полном объеме средний наработок на отказ увеличивается в 1,2-1,5 раз, а коэффициент готовности МТП к эксплуатации на 10 - 15%.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Отдельные важные задачи проектирования предприятий технического сервиса, основной функцией которых гарантийное и после гарантийное ТО, рассмотрены М.В. Молодыком [5]. В работе [10] тщательным образом исследованная проблема обеспечения эффективного технического сервиса техники полеводства, однако, преимущественно относительно ремонта техники.

Традиционно вся совокупность операций, которую следует выполнить во время ТО трактора, рассматривалась как единственная с известной трудоемкостью выполнения и по большей части касалась одного рабочего. Во время привлечения большего количества исполнителей с целью сокращения длительности обслуживания общая нормативная трудоемкость делилась между ними пополам. Такое разделение не учитывало неминуемых простоев рабочих, которые возникают в результате часовых и пространственных ограничений на выполнение операций.

Анализу технологической и производственной структуры ТП капитального ремонта на технологических линиях, а также ТП текущего ремонта на стационарных постах посвящены многие труды [6-8,11]. В то же время исследование относительно процессов ТО не выполнялись.

Методика разработки типичных норм времени и нормы времени на техническое обслуживание (ТО) тракторов ХТЗ изложена в трудах В.В. Витвицкого, М.С. Лосины [6]. Во время разработки нормативов считалось, что процесс ТО выполняет один исполнитель. В то же время в разработанных нормативах [6] указанная недостаточная информация о ремонтно – технологическом, диагностическом оборудовании, приспособлении и инструменте, которые используются для выполнения операций ТО.

В инструкциях по эксплуатации и ТО тракторов ХТЗ, которые разработаны заводом-изготовителем [4], поданные общие нормативы на группы операций ТО тракторов при условии их выполнения одним работником.

ПОСТАНОВКА ЗАДАНИЯ

Поскольку эффективность технологических процессов (ТП) технического сервиса в значительной степени предопределяется достигнутым уровнем соответствия между их технологической (регламентированным перечнем операций ТО) и производственной (техническими средствами их реализации) структурами, потому важно установить зависимости между параметрами и показателями эффективности ТП ТО трактора ХТЗ–150К–09, которые являются одними из наиболее распространенных в Украине, для разных вариантов производственных структур пунктов ТО.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

С целью достижения соответствия между производственной и технологической структурами ТП необходимо установить зависимости параметров (количества необходимого оборудования разных типов K_r , количества постов K_p) и показателей их эффективности (длительности $T_{ТП}$, коэффициентов использования фондов рабочего времени работников η_u , оборудование разных типов η_r и постов η_p) от количества привлеченных исполнителей u . Для этого разработанная методика моделирования процессов ТО, которая предусматривает такие этапы [10]:

- построение неблагоустроенной модели ТП;
- определение максимального количества рабочих зон для работников, с учетом антропометрических данных человека, а также конструкции трактора;
- упорядочения модели ТП - синтеза расписания выполнения операций;
- расчет и анализ параметров и показателей эффективности ТП.

Основным назначением неблагоустроенной модели ТП является определение перечня операций ТО и возможной очередности их выполнения. Неблагоустроенная модель ТП - это взвешен ориентированный граф $G_{ТП}$ ($X_{ТП}$, $Y_{ТП}$), множество вершин $X_{ТП}$ которого символизирует операции, а множество ребер $Y_{ТП}$ указывает на характер ориентирующих (на применение оборудования

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СОСТАВЛЯЮЩИХ СТРУКТУРЫ ПРОЦЕССОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ТРАКТОРОВ ХТЗ-150К-09

определенного типа и принадлежность к определенной рабочей зоне объекта обслуживания) и часовых (зависимые и независимые) связей [1].

Упорядочения модели ТП осуществляют путем распределения всех операций между рабочими по рабочим местам постов с учетом часовых и ориентирующих связей. Пост – это элемент производственной структуры, где в определенный промежуток времени выполняются операции над одним объектом ТО. Таким образом, на одном посту может быть одно или несколько рабочих мест.

Результатом упорядочения является расписание выполнения определенного перечня технологических операций рабочими на постах и рабочих местах, который определяет последовательность и место выполнения каждой операции, моменты их начала и окончания [2].

С учетом антропологических данных рабочих и на основании анализа конструкции трактора ХТЗ–150К–09 сформировано десять рабочих зон так, что смежные зоны не перекрываются (рис. 1) [13].

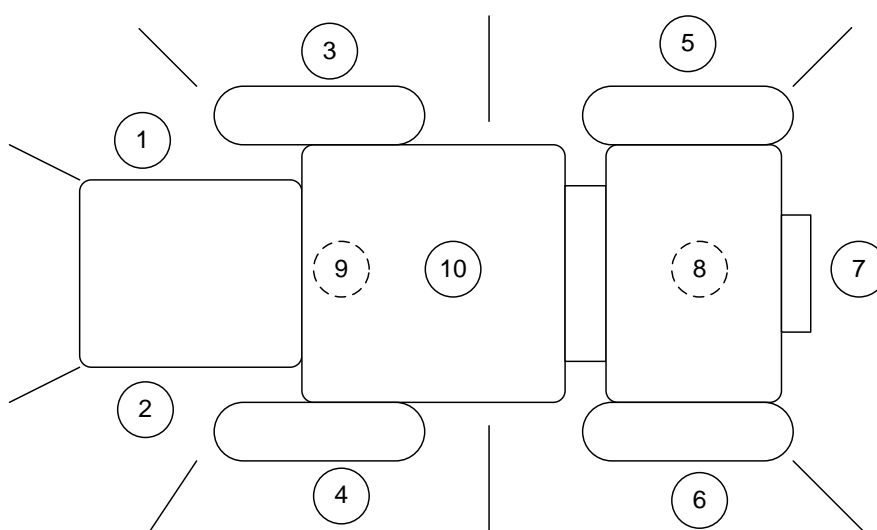


Рис. 1. Схема размещения рабочих зон в технологических процессах технического обслуживания трактора ХТЗ–150К–09.

Рабочая зона - это часть пространства вокруг объекта обслуживания, где одновременно операции может выполнять лишь один работник. Для этого были отмечены условные пределы каждой рабочей зоны [12].

Изучение технологии ТО, анализ оборудования и результаты нормирования операций сделали возможным построение неблагоустроенных моделей ТП.

Синтез расписания выполнения операций известным количеством исполнителей и осуществляют за эвристическим алгоритмом моделирования. Распределение операций между рабочими осуществляли с соблюдением следующих ограничений: во-первых, в одной рабочей зоне одновременно может выполнять операции лишь один исполнитель, потому операции, которые

принадлежат одной рабочей зоне, в упорядоченной модели могут выполняться лишь последовательно; во-вторых, распределение операций между исполнителями осуществляют с учетом ориентирующих и без нарушения часовых связей.

Критерием эффективности алгоритма была минимизация длительности процесса T_{TP} для заданного варианта производственной структуры (количества постов K_p и оборудование разных типов K_r) и принятой численности исполнителей i .

По результатам синтеза расписания выполненных операций ТО, расписаний труда рабочих и оборудования рассчитывали показатели эффективности:

- 1) длительность технологического процесса $T_{ТП}$ - интервал времени от начала и до завершения всех технологических действий;
 2) коэффициент использования фондов рабочего времени рабочих:

$$\eta_e = \frac{\sum t_u}{U \cdot T_{m.n}}; \quad (1)$$

где $\sum t_u$ - общая длительность технологических операций ТО, которые выполняются рабочими, мин.;

- 3) коэффициент использования фондов рабочего времени оборудования r -го типа

$$\eta_r = \frac{\sum t_r}{K_r \cdot T_{m.n}}; \quad (2)$$

где $\sum t_r$ - общая длительность операций, которые выполняются оборудованием r -го типа, мин.;

Таблица. Параметры технологической составляющей функциональной структуры процессов технического обслуживания трактора ХТЗ-150К-09

| № п/п | Вид ТО | К-во операций $N_{ЕТО}$ | Суммарная длительность операций Σt , люд-год. | $T_{ТПmin}$, час. | К-во рабочих зон k | Коэффициент технологичности K_{tex} . |
|-------|--------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------|----------------------|-----------------------------------------|
| 1 | ТО-2 | 126 | 11,28 | 3,14 | 10 | 0,029 |
| 2 | ТО-3 | 172 | 25,94 | 5,6 | 12 | 0,027 |
| 3 | ТО-3 ^{ПП} | 198 | 39,12 | 8,37 | 12 | 0,024 |
| 4 | ТО-3 ^{КР} | 210 | 42,32 | 8,93 | 12 | 0,023 |

Как видим из таблицы, более сложные виды ТО трактора ХТЗ-150К-09, требуют выполнения каждый раз большего количества операций $N_{ЕТО}$ большей суммарной длительности Σt , применение каждый раз большего количества типов разного оборудования R . В то же время для более сложных видов ТО растет и количество рабочих зон, которое делает возможным одновременное использование в ТП большего количества рабочих, однако увеличивается минимально возможная теоретическая длительность $T_{ТПmin}$ процессов

Основы классификации ТП технического сервиса были заложены в работах О.Д. Семковича [8]. По результатам многолетних исследований структуры и динамики ТП ремонта эта классификация была развитой и усовершенствована [3], а с целью оценки пригодности процессов к упорядочению предложено использовать коэффициент технологичности

$$R_{tex} = \frac{\sum t}{n \cdot T_{ТПmin}}; \quad (3)$$

где $\sum t$ - суммарная длительность всех технологических операций, мин.;

n - количество операций;

$T_{ТПmin}$ - минимальная длительность ТП, мин.

ТО. Как следствие ТП более сложных видов ТО является менее технологическими.

Моделирование процессов ТО-2, ТО-3, ТО-3^{ПП} и ТО-3^{КР} трактора ХТЗ-150К-09 выполнено для переменного количества исполнители: от $u=1$ чел. к $u=u_{max}$, где u_{max} - наибольшее количество исполнителей, которых можно привлечь к выполнению процесса. Значение u_{max} ограничивается количеством рабочих зон или же стабилизацией длительности процесса.

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СОСТАВЛЯЮЩИХ
СТРУКТУРЫ ПРОЦЕССОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ТРАКТОРОВ
ХТЗ-150К-09

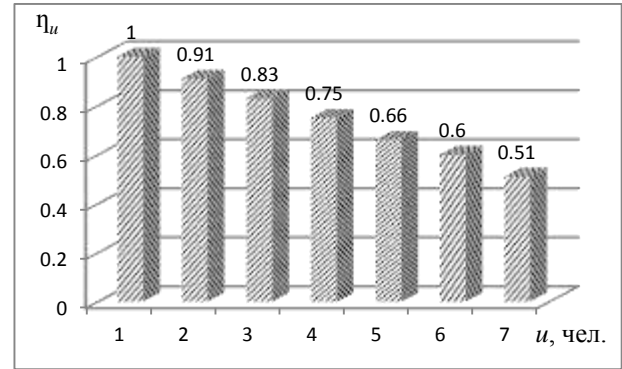
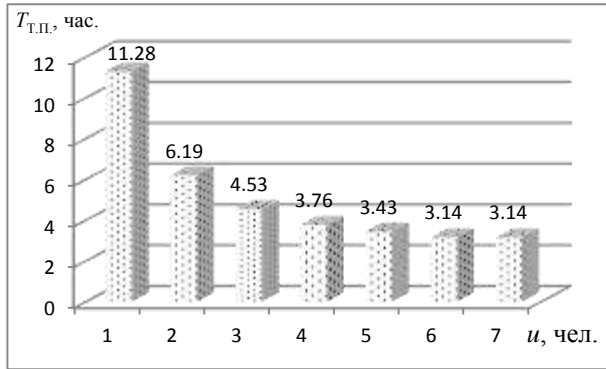


Рис. 1. Зависимость длительности технологического процесса ТО- 2 (500 мото - часов) трактора ХТЗ-150К-09 от количества работников u и фонду рабочего времени рабочих

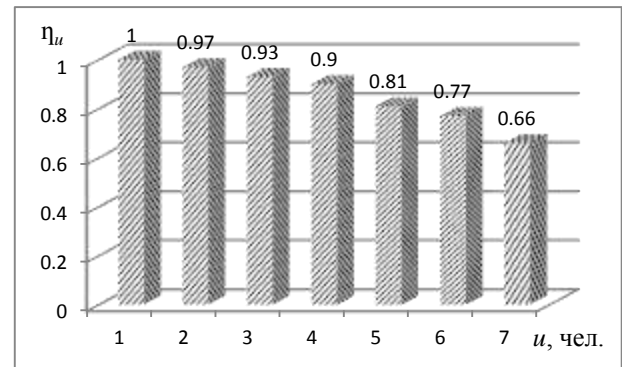
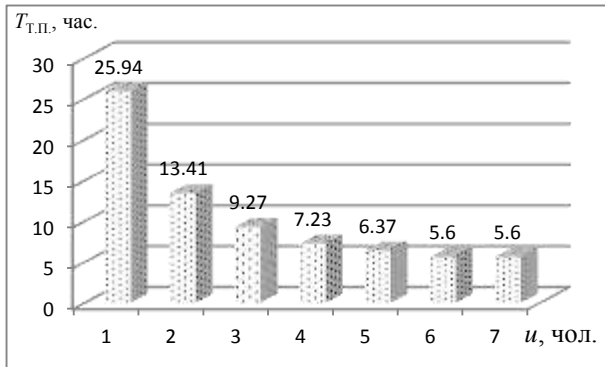


Рис. 2. Зависимость длительности технологического процесса ТО- 3 (1000 мото - часов) трактора ХТЗ-150К-09 от количества работников u и фонду рабочего времени рабочих

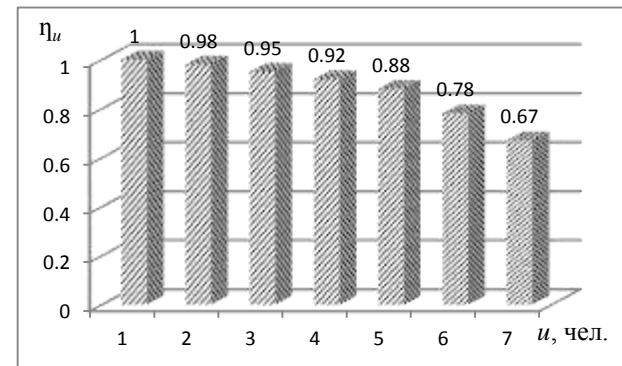
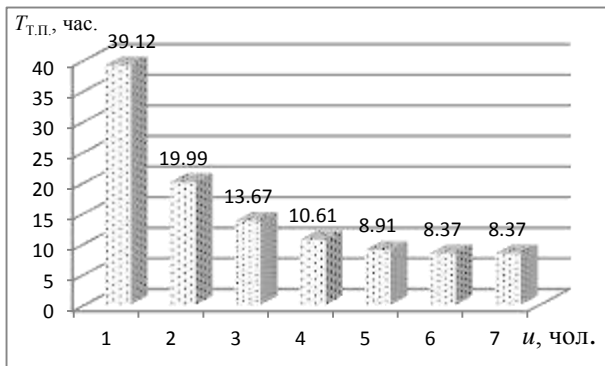


Рис. 3. Зависимость длительности технологического процесса ТО-3^{PP} (2000 мото - часов) трактора ХТЗ-150К-09 от количества работников u и фонду рабочего времени рабочих

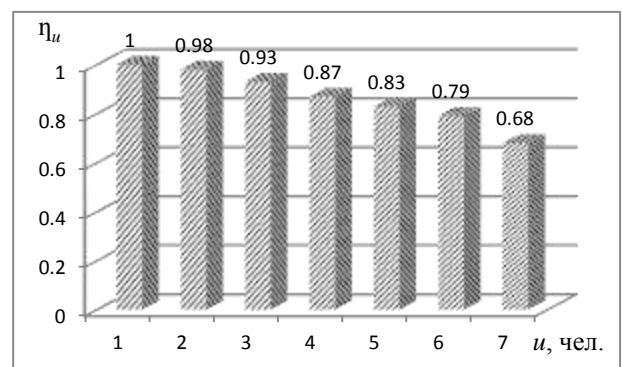
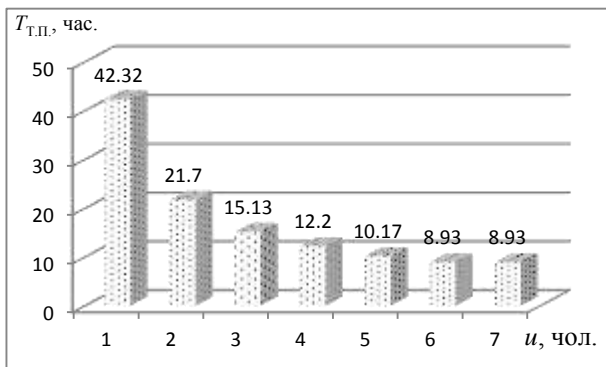


Рис. 4. Зависимость длительности технологического процесса ТО-3^{KP} (8000 мото - часов) трактора ХТЗ-150К-09 от количества работников u и фонду рабочего времени рабочих

ВЫВОДЫ

Существенное влияние на параметры технологической составляющей функциональной структуры ТО имеет собственно вид ТО. Объединение в общем потоке процессов ТО целесообразнее проводить не по предметному признаку – подобию конструкции тракторов, а за технологической – видом ТО.

По результатам моделирования получены зависимости длительности процесса $T_{ТП}$ и значений коэффициентов использования фонда рабочего времени рабочих η_u , привлеченных к ТО трактора ХТЗ–150К–09, от их количества (рис. 1–4). На основании этих зависимостей определенно минимально возможную длительность ТО–2 $T_{ТП \min}=3,14$ чел–час., ТО–3 $T_{ТП \min}=5,6$ чел–час., ТО–3^{ПП} $T_{ТП \min}=8,37$ чел–час. и ТО–3^{КР} $T_{ТП \min}=8,93$ чел–час. а также количество рабочих, при котором такая минимальная длительность будет достигнута: для всех ТО $u=6$ чел.

Противоположные тенденции изменения показателей эффективности ТП ТО с ростом количества исполнителей u делают невозможным выбор на этом этапе исследований оптимального варианта реализации процессов ТО №2, № 3, № 3^{ПП} и № 3^{КР} трактора ХТЗ–150К–09. В то же время полученные результаты формируют необходимую базу знаний для обоснованных проектных решений на следующих шагах итерационной процедуры проектирования базы фирменного технического обслуживания тракторов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кузьминський Р. 2005. Структура, параметры и эффективность технологических процессов ремонта // Вестник ЛДАУ : Агроинженерные исследования. - Львов, №9. 50-60.
2. Кузьминський Р., Барабаш Р. 2006. Параметры и показатели эффективности технологических процессов технического сервиса, которые выполняются на стационарных постах // Вестник ЛДАУ: Агроинженерные исследования. - Львов, - №10. 66-73.
3. Инструкция по эксплуатации и техническому обслуживанию, 1991. 151К.00.000-08 ИЭ, Трактор Т–151К//

Харьковский тракторный завод. Под редакцией главного конструктора С.Л. Абдулы. - Харьков, 343.

4. Методика разработки и типичные нормы времени на техническое обслуживание тракторов / В.В. Вітвіцький, М.С. Лосина, М.С. Шишечка и ін. 2005. - К.: НИИ "Укragропромпродуктивність", 219.

5. Организационные формы технического сервиса и прогноз их развития в рыночных условиях ведения хозяйства в агропромышленном комплексе Украины : Рекомендации / М.В. Юнец, А.М. Моргун, Л.І. Шерстобит и др. 2001. - К.: ННЦ "ІМЕСГ", 170.

6. Семкович А.Д. 1983. Система ремонта сельскохозяйственной техники. - Львов: Высшая школа, 172.

7. Семкович А.Д. 1988. Аксиомы ремонтно-восстановительного процесса и направления эго оптимизации // Совершенствование ремонтно-восстановительных процессов в отраслях АПК: Сб. научн. трудов. - Львов: Львов. с.-х. ин-т, 6-13.

8. Семкович А.Д. 1988. Организационно-технологическое взаимодействие сельскохозяйственных ремонтных предприятий: Автореф. дисс. д.т.н. - М. :МИИСП. 34.

9. Семкович О.Д., Кузьминський Р.Д. 1994. Обобщенный алгоритм моделирования ремонтно-технологических процессов разборки и складывания // Моделирование процессов и технологического оборудования в сельском хозяйстве: Материалы докладов международной научно-практ. конф. (17-19 августа 1994 г.). - Мелитополь, ТДАТА, -Т.4. 48 - 51.

10. Семкович О.Д., Кузьминський Р.Д., Флис І.М. другие. 1990. Методика моделирования на ЭВМ технологического процесса текущего ремонта двигателя // Повышения организационно-технологического уровня ремонтно-восстановительных процессов в АПК региона : Зб. наук. пр. - Львов: Львов. с.-г. ин-т. 15 - 26.

11. Сидорчук О. В., Сенчук С. Р., Кухарук О. В. 2001. Научные основы инженерного менеджмента технического

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СОСТАВЛЯЮЩИХ СТРУКТУРЫ ПРОЦЕССОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ТРАКТОРОВ

ХТЗ-150К-09

сервиса полеводства : Монография. - Львов: Львов. ДАУ, 172.

12. Тимочко В.О. 1994. Эффективные производственные структуры участков текущего ремонта тракторов классов 0,9 и 1,4: Дис. ... к. т. наук. - Львов, 241.

13. Тимочко В.О. 1992. Определение длительности демонтажа-монтажа двигателя трактора МТЗ- 80 в случае неустановленного количества исполнителей, привлеченных к процессу // Надежность и ремонт машин в сельском хозяйстве, : Зб. наук. трудов. - Львов: Львов. с.-г. ин-т, 88-92.

ANALYSIS TECHNOLOGICAL AND PRODUCTIVE CONSTITUENTS STRUCTURE PROCESSES TECHNICAL MAINTENANCE TRACTORS HTZ-150K-09

Summary. On the basis of generals of research of processes of technical service partial

methodology of calculation of parameters and indexes of efficiency of technological processes of technical service is worked out on the basis of their design with the use of theory of the graphs and time-tables, that does possible taking into account of structural features of technological process of technical service, - limits on the order of implementation of operations, placing of working zones of object of service. With the use of the worked out methodology dependences are set between parameters and indexes of efficiency of technological process of technical maintenance of tractors of HTZ-150K-09, that are founding for forming of self-reactance rows of productive structures of points of technical maintenance of the different productivity.

Key words: tractors, technical service, technological process, productive process, parameters, indexes.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Виталий Боярчук, Владимир Чучман ИССЛЕДОВАНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА БРИКЕТИРОВАНИЯ СОЛОМЫ В ПЕЛЕТ..... | 3 |
| Виталий Боярчук, Тетяна Станько ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ БИОТОПЛИВА НА ОСНОВЕ ИВЫ..... | 9 |
| Виталий Боярчук, Тарас Михальчук ИССЛЕДОВАНИЯ СЕДИМЕНТАЦИОННЫХ И ФЛОТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В СУБСТРАТЕ, КОТОРЫЙ ФОРМИРУЕТСЯ ИЗ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА..... | 15 |
| Виталий Боярчук, Ярослав Шолудько, Михаил Бабыч, Роман Крыгуль, Василь Шолудько СОГЛАСОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОНФИГУРАЦИИ ПАРКА АВТОМОБИЛЕЙ С ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ПРОЕКТНОЙ СРЕДЫ В ПРОЕКТЕ СОЗДАНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ СВЕКЛОПРИЕМНОГО ПУНКТА..... | 22 |
| Александр Сидорчук, Леонид Сидорчук, Николай Демидюк, Елена Сиваковская МЕТОД СОЗДАНИЯ КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНЧЕСКО- ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПОЛЕВОДСТВА..... | 26 |
| Валерий Сиротюк, Владимир Гальчак, Сергей Сиротюк FUZZY LOGIC КОНТРОЛЛЕР СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ..... | 32 |
| Степан Ковалишин, Виктор Дадак, Виталий Соколюк, Владимир Жолобка, Станислав Сосновський ПУТИ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ПОДГОТОВКИ СЕМЯН МЕЛКОСЕМЕННЫХ КУЛЬТУР..... | 38 |
| Георгий Черевко, Олег Крупич, Степан Крупич, Станислав Сосновський ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛОГИСТИЧНОГО СЕРВИСА АГРОПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ..... | 45 |
| Василь Тымочко, Роман Падюка ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В ПРОЕКТЕ ПРОИЗВОДСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ..... | 55 |
| Оксана Фтома ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИНВЕСТИЦИЙ В ПРОИЗВОДСТВО РАПСА И БИОТОПЛИВА..... | 61 |
| Виталий Боярчук, Владимир Михалюк АНАЛИЗ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ И ОСОБЕННОСТИ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОЕКТОВ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ..... | 67 |
| Василь Смильский, Александр Сидорчук ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЛЕМЕШНЫХ ПЛУГОВ ПУТЕМ РЕГУЛИРОВАНИЯ ШИРИНЫ ЗАХВАТА КОРПУСОВ..... | 72 |
| Vasyl Lopushnyak, Ghalyna Hrytsulyak PRODUCTIVITY FORMATION MODEL OF OSIER (SALIX VIMINALIS) AGROCENOSIS..... | 77 |
| Mykhailo Humentyk TECHNOLOGICAL ASPECTS THE CULTIVATION OF BIOMASS ENERGY CROPS OF SWITCHGRASS « <i>PANICUM VIRGATUM</i> » IN CONDITION OF FOREST-STEPPE OF UKRAINE..... | 82 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Vasyl Lopushnyak, Vasyl Tomyuk, Natalya Zasyekin</i> ENERGY RATING OF PRODUCTION TECHNOLOGIES OF FERMENTED FERTILIZERS..... | 87 |
| <i>Игорь Флыс, Марян Макар</i> ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕЖИМОВ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА ГРЕЧИХИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КРУПЫ..... | 92 |
| <i>Руслан Барабани, Микола Михалюк, Василь Шолудько, Ярослав Шолудько</i> ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПУНКТА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ..... | 98 |
| <i>Wojcicka-Migasiuk Dorota; Chochowski Andrzej; Syrotyuk Serhiy</i> THE LOCAL HYBRIDPOWER SYSTEM..... | 105 |
| <i>Сергей Коробка</i> ИССЛЕДОВАНИЕ СОЛНЕЧНО-РАДИАЦИОННО-КОНВЕКТИВНОГО СПОСОБА СУШКИ КОСТОЧКОВЫХ ПЛОДОВ В КОНВЕКТИВНОЙ ГЕЛИОСУШИЛКЕ..... | 112 |
| <i>Анатолий Кушниренко</i> ИМИТАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ЭКВИПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НАПРЯЖЕННОСТИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ИНДУКТОРА С ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ОБМОТКОЙ..... | 117 |
| <i>Анатолий Лимонт</i> РОСЯНАЯ МОЧКА ЛЬНОСОЛОМЫ КАК ФАКТОР БИОЛОГИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ВОЛОКНА..... | 120 |
| <i>Мирон Магац, Валерий Сиротюк, Олексий Нищенко, Сергей Сиротюк</i> ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОГО КЛАПАНА ВОЗДУШНОЙ МАГИСТРАЛИ ЭНЕРГОЗБЕРЕГАЮЩЕГО ДОИЛЬНОГО АППАРАТА..... | 127 |
| <i>Игорь Паламарчук, Вадим Драчишин, Владислав Паламарчук</i> ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ВИБРОКОНВЕЙЕРНОЙ МАШИНЫ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ РАБОЧИХ ОРГАНОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН..... | 132 |
| <i>Владимир Степованый</i> ТУРБУЛЕНТНОСТЬ СРЕДЫ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ ПОЛУЧЕНИЯ БИОДИЗЕЛЯ ИЗ РАПСА В УКРАИНЕ..... | 142 |
| <i>Валерий Сиротюк, Степан Химка, Маркиян Гошко</i> РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО ДОЗАТОРА СЫПУЧИХ КОРМОВ..... | 148 |
| <i>Александр Ферендюк</i> АНАЛИЗ БАЛАНСА МОЩНОСТИ ФРЕЗЕРНОГО КУЛЬТИВАТОРА С ВИБРАЦИОННЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ..... | 157 |
| <i>Василь Якимець, Тарас Бубняк, Иван Дробот</i> ОБОСНОВАНИЕ СХЕМЫ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ДИЭЛЬКОМЕТРИЧНОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА МОЛОКА..... | 162 |
| <i>Андрей Яцун</i> ВЕКТОРНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ПРОХОДНОГО КОЛЬЦЕВОГО ВИХРЕТОКОВОГО ПЕРВИЧНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО И ТРАНСФОРМАТОРНОГО ТИПОВ В ПРОВОДЯЩЕЙ ТРУБЕ..... | 167 |
| <i>Василь Липчук, Людмила Гнатышин</i> ДИАГНОСТИКА ВОСПРОИЗВОДСТВА ПОТЕНЦИАЛА В УПРАВЛЕНИИ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ УКРАИНЫ..... | 173 |
| <i>Анатолий Тригуба</i> ОБОСНОВАНИЕ СЦЕНАРИЕВ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ПРОГРАММ РАЗВИТИЯ МОЛОЧНОГО СКОТОВОДСТВА.... | 181 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Николай Козут, Руслан Гуменюк ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ИЗМЕНЕНИЯ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ ТЕРМОНАПРЯЖЕННОЙ АРМАТУРЫ..... | 189 |
| Ирина Луцык, Валерий Федорейко ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ СКОРОСТНЫХ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОПРИВОДА КОМПЛЕКСА АКТИВНОГО ВЕНТИЛИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ АДАПТИВНЫХ НЕЙРОНЕЧЁТКИХ СИСТЕМ..... | 193 |
| Василий Смильский, Александр Сидорчук ФОРМИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВА ПРИЗНАКОВ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ПОЧВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МУЛЬТИФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА..... | 200 |
| Игорь-Михаил Мидыка МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ ОВОЩЕВОДСТВА ‘..... | 205 |
| Сергей Хайрнасав, Владимир Волощук, Андрей Заковоротний, Дмитрий Козак ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЛНЕЧНЫХ ТЕПЛОВЫХ КОЛЛЕКТОРОВ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЕВЫХ ТЕПЛОВЫХ ТРУБ ПРИ РЕНОВАЦИИ СТАРЫХ ЗДАНИЙ..... | 211 |
| Павел Попович, Олег Цень, Тарас Довбуш, Анна Цень КОРРОЗИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ СТАЛЕЙ В СРЕДАХ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ..... | 219 |
| Александра Костышин ОРГАНИЗАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ РАБОТ ПРИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ..... | 226 |
| Валентин Солдатенко, Максим Кубкин, Лариса Вихрова ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ГИБРИДНОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ВОЗОБНОВЛЯЕМЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ..... | 233 |
| Александр Олифер ФОРМАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ ПОДСИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТОИМОСТЬЮ ПРОЕКТОВ ПО ОПТИМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТРУКТУР ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА УКРАИНЫ..... | 241 |
| Василь Сацюк, Николай Полищук ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ТВЕРДЫХ АГРЕГАТОВ ПРОМОРОЖЕННОГО ОЗЕРНОГО САПРОПЕЛЮ..... | 248 |
| Роман Хлопецкий, Олександр Шимчук НОВЕЙШИЕ ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА ДЛЯ ДОБЫЧИ ОЗЕРНОГО САПРОПЕЛЯ ИЗ ПОД СЛОЯ ВОДЫ..... | 255 |
| Елена Налобина, Александр Васильчук, Александр Романовский ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДИСКОВОГО ПРИСЫПАТЕЛЯ УКЛАДЧИКА ТРУБ ДЛЯ ПОДПОЧВЕННОГО ОБОГРЕВА КУЛЬТИВАЦИОННЫХ СООРУЖЕНИЙ..... | 258 |
| Геннадий Голуб, Максим Павленко, Светлана Осауленко ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ДИЗЕЛЬНОГО БИОТОПЛИВА В УСЛОВИЯХ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ..... | 263 |
| Геннадий Голуб, Роман Швец УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ УДАЛЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ НАВОЗА В ОРГАНИЧЕСКИЕ УДОБРЕНИЯ И БИОГАЗ..... | 269 |
| Андрей Бабий, Мария Бабий, Тимофей Рыбак МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НАГРУЗКИ ПРИВОДА РЕЖУЩЕГО АППАРАТА КОСИЛКИ..... | 275 |
| Алексей Шевчук ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИМУЛЯЦИИ МНОГОМАССОВЫХ СИСТЕМ..... | 285 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Oleksandr Chopyk</i> LEASING AS A FINANCIAL INSTRUMENT OF MODERNIZATION OF PRODUCTIVE AND TECHNICAL CAPACITIES OF AN ENTERPRISE..... | 292 |
| <i>Łukasz Kwiecień, Ryszard Kulig, Janusz Laskowski, Renata Różyło, Agnieszka Malec, Stanisław Skonecki, Grzegorz Łysiak</i> WPŁYW WILGOTNOŚCI NA ENERGIĘ ZAGĘSZCZANIA WYBRANYCH ODMIAN PSZENICY..... | 299 |
| <i>Роман Кузьминський, Руслан Барабаш, Микола Михалюк</i> АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СОСТАВЛЯЮЩИХ СТРУКТУРЫ ПРОЦЕССОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ТРАКТОРОВ ХТЗ-150К-09..... | 303 |