

KOMISJA MOTORYZACJI I ENERGETYKI ROLNICTWA PAN ODDZIAŁ W LUBLINIE
NARODOWY UNIWERSYTET BIOLOGICZNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII
I WYKORZYSTANIA PRZYRODY W KIJOWIE
NARODOWY UNIWERSYTET ROLNICZY W MYKOŁAJEWIE
NARODOWA AKADEMIA BUDOWNICTWA OBIEKTÓW SANATORYJNYCH
I OCHRONY PRZYRODY W SYMFEROPOLU
WYŻSZA SZKOŁA INŻYNIERYJNO-EKONOMICZNA W RZESZOWIE

MOTROL

MOTORYZACJA I ENERGETYKA ROLNICTWA

Tom 14, № 2

LUBLIN 2012

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: Karol Noga, Krakow, Roman Kodaj, Rzeszow
5. Urban planning, architecture and geodesy: Michał Proksa, Rzeszow, Lech Licholaj, Rzeszow

Editorial Board

Andrzej Ambrozik, Kielce, Poland	Aleksandr Morozov, Simferopol, Ukraine
Dariusz Andrejko, Lublin, Poland	Janusz Mysłowski, Szczecin, Poland
Andrzej Baliński, Krakow, Poland	Ignacy Niedziółka, Lublin, Poland
Volodymyr Bulgakow, Kiev, Ukraine	Paweł Nosko, Lugansk, Ukraine
Zbigniew Burski, Lublin, Poland	Gennadij Oborski, Odessa, Ukraine
Karol Cupiał, Częstochowa, Poland	Yurij Osenin, Lugansk, Ukraine
Aleksandr Dashchenko, Odessa, Ukraine	Marian Panasiewicz, Lublin, Poland
Kazimierz Dreszer, Lublin, Poland	Sergiej Pastushenko, Mykolayiv, Ukraine
Valeriy Dyadychev, Lugansk, Ukraine	Iwan Rohowski, Kiev, Ukraine
Dariusz Dzik, Lublin, Poland	Jozef Sawa, Lublin, Poland
Sergiej Fedorkin, Simferopol, Ukraine	Povilas A. Sirvydas, Kaunas, Lithuania
Jan Gliński, Lublin, Poland	Wołodymyr Snitynskiy, Lviv, Ukraine
Bohdan Hevko, Ternopil, Ukraine	Jerzy Sobczak, Krakow, Poland
Aleksandr Holubenko, Lugansk, Ukraine	Stanisław Sosnowski, Rzeszow, Poland
Marek Idzior, Poznań, Poland	Ludvikas Spokas, Kaunas, Lithuania
L.P.B.M. Jonsen, Groningen, Holland	Jarosław Stryczek, Wrocław, Poland
Stepan Kovalyshyn, Lviv, Ukraine	Aleksandr Sydorчук, Kiev, Ukraine
Jozef Kowalczyk, Lublin, Poland	Mikhail Sukach, Kiev, Ukraine
Elżbieta Kusińska, Lublin, Poland	Wojciech Tanaś, Lublin, Poland
Janusz Laskowski, Lublin, Poland	Konstantyn Dumenko, Mykolayiv, Ukraine
Nikołaj Lubomirski, Symferopol, Ukraine	Viktor Tarasenko, Simferopol, Ukraine
Kazimierz Lejda, Rzeszow, Poland	Giorgiy F. Tayanowski, Minsk, Bielarus
Dmytro Melnychuk, Kiev, Ukraine	Henryk Tylicki, Bydgoszcz, Poland
Maksym Melnychuk, Kiev, Ukraine	Denis Viesturs, Ulbrok, Latvia
Jerzy Merkiś, Poznań, Poland	Dmytro Voytiuk, Kiev, Ukraine
Ryszard Michalski, Olsztyn, Poland	Anatolij Yakovenko, Odessa, Ukraine
	Oleg Zaitsev, Symferopol, Ukraine
	Tadeusz Złoto, Częstochowa, Poland

All the scientific received positive evaluations by independent reviewers
Linguistic consultant: Larisa Vakhonina, Oleg Plakhtyr
Typeset: Hanna Krasowska-Kołodziej, Robert Kryński, Natalia Stepanova
Cover design: Hanna Krasowska-Kołodziej

Commission of Motorization and Energetics in Agriculture
Wielkopolska Str. 62, 20-725 Lublin, Poland
e-mail: eugeniusz.krasowski@up.lublin.pl
ISSN 1730-8658

- © Copyright by Commission of Motorization and Energetics in Agriculture
- © Copyright by National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine In Kiev
- © Copyright by Lviv National Agrarian University in Dublany
- © Copyright by Mykolayiv State Agrarian University
- © Copyright by National Academy of Nature Protection and Resort Building in Simferopol
- © Copyright by University of Engineering and Economics in Rzeszow

Edition 200+16 egz. Ark. Druku

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ ОБЪЕМНОГО И ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Борис Бутаков

Николаевский государственный аграрный университет
54029 Украина, г. Николаев, ул. Парижской комунны 9

Аннотация. В статье представлены две технологии упрочнения металлов и сплавов: объемное упрочнение металлических заготовок в процессе их затвердевания из жидкого состояния в твердое, поверхностное упрочнение деталей с помощью обкатывания их роликами. Описана гипотеза механизма измельчения макро- и микроструктуры металла при электрогидроимпульсном воздействии – создание фактического переохлаждения расплава до 14 К и зарождение дополнительных центров кристаллизации, разрушение дендритов на границе твердой и жидкой фаз с помощью волны сжатия. Представлена методика выбора оптимального усилия обкатывания роликами в зависимости от геометрических размеров детали и ролика и твердости обрабатываемой детали.

Ключевые слова: Дегазация, рафинирование, кристаллизация, обкатывание роликами

ВВЕДЕНИЕ

Проблема повышения долговечности и работоспособности машин и оборудования связана с улучшением качества металла и обеспечением повышенного сопротивления его разрушению, это прежде всего обеспечивается однородностью структуры и свойств металла в разных направлениях [1].

Заготовки наиболее ответственных деталей тяжело-нагруженных машин после затвердевания слитков перед механической обработкой для повышения физико-механических свойств подвергают ковке или штамповке, в процессе которых измельчаются макро- и микроструктура металла, повышается ее однородность. Однако многие дефекты, образующиеся при затвердевании слитка, после всех стадий изготовления переходят в готовое изделие. Образующаяся при затвердевании структура отливки полностью определяет ее механические и служебные свойства. Второй путь повышения качества деталей машин – повышение физико-механических свойств их поверхностного слоя. Наиболее дешевый и достаточно эффективный способ поверхностного упрочнения, это поверхностное пластическое деформирование.

ЭЛЕКТРОГИДРОИМПУЛЬСНАЯ ОБРАБОТКА ЖИДКИХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Установлено, что жидкие металлы микронеоднородны по структуре и химическому составу в меньшей степени, чем твердые [2, 3]. Потому при кристаллизации усиливается микронеоднородность металлов в зависимости от скорости охлаждения. Кроме того, необходимо уменьшать общее содержание газов и вредных неметаллических примесей в поковках и отливках.

С целью дегазации, рафинирования и уменьшения макро- и микронеоднородности поковок и отливок широко применяют методы внешнего физического воздействия на жидкий и кристаллизующийся металл. К ним можно отнести: низкочастотную вибрацию, электромагнитное перемешивание и ультразвуковую обработку.

Институтом импульсных процессов и технологий НАН Украины совместно с УкрНИИ-металлов, г Харьков, и другими организациями разработан метод электрогидроимпульсного воздействия (ЭГИВ) на жидкий и кристаллизующийся металл ударными импульсами, создаваемыми электроразрядными вибраторами [4].

При высоковольтном пробое промежутка между положительным электродом и пластиной вибратора электрическая энергия, запасенная в конденсаторе генератора импульсных токов (ГИТ), выделяется в канале разряда – области между электродами в жидкости, переведенной в плазменное состояние. Время выделения энергии составляет от 1 до 100 мкс. В результате преобразования электрической энергии в тепловую вещество канала разряда превращается в плотную низкотемпературную плазму ($40 \cdot 10^3$ К). Давление в канале достигает 10^9 Па. Высокие параметры плазмы канала разряда приводят к его расширению со скоростью десятков метров в секунду, что вызывает появление сильной волны сжатия, которая через пластину вибратора передается жидкому или кристаллизующемуся металлу.

При электрогидроимпульсной обработке (ЭГИО) электроразрядные вибраторы поджимаются или непосредственно к поверхности затвердевающей заготовки во вторичной зоне охлаждения при непрерывной разливке стали, или к стенке изложницы, или волна сжатия от пластины вибратора передается через волновод в жидкий металл, залитый в ковш. При вакуумно-дуговом переplаве пластина вибратора, излучающая волну сжатия, является поддоном, на который наплавляется слиток.

Для оптимизации режимов ЭГИО и изучения механизма измельчения зерна автором измерены сила удара пластины вибратора по обрабатываемому металлу, давление, скорость и интенсивность в волне сжатия, создаваемой электроразрядным вибратором.

Для определения силы удара пластины вибратора по затвердевающему слитку применяют упруго-контактный метод, основанный на измерении местных упругих деформаций при соударении закаленных тел со сферическим и плоским торцами [5]. Регистрация показаний сводится к измерению под микроскопом диаметра окружности,

являющейся границей поверхности упругого соприкосновения тел при ударе. Чтобы эта граница была видимой, одну из контактируемых поверхностей покрывают слоем вещества (например, трехпроцентным раствором парафина на бензоле), которое проявляет зону упругого контакта. Раствор наносили кисточкой на плоскую пластину, при испарении бензола на пластине образовывался тонкий слой парафина. Статическое тарирование устройства проводили на прессе. Радиус сферического наконечника рассчитывали по рекомендациям работы [6] для исключения пластической деформации в зоне контакта. Погрешность измерения не превышает 10%.

Для определения давления, скорости и интенсивности в волне сжатия, создаваемой электроразрядным вибратором при наличии больших импульсных электромагнитных полей, автором применен метод мерных стержней Гопкинсона [7, 8]. На шлифованную поверхность пластины вибратора, покрытую тонким слоем смазочного материала, устанавливали мерные стержни со шлифованными торцами. Волна сжатая, генерируемая в пластине вибратора при высоковольтном пробое распространяется со скоростью $C = \sqrt{E/\rho}$ (E — модуль продольной упругости и ρ — плотность стали), проходит через контакт стержня с пластиной, доходит до верхнего торца, отражается от него и в виде волны растяжения идет к пластине вибратора.

Когда суммарное давление на поверхности вибратора будет растягивающим и превысит массу стержня, последний переместится вверх на величину h со скоростью $v_{zp} = \sqrt{2gh}$, где g — ускорение свободного падения.

Количество движения (импульс силы), которое захватит с собой стержень, определяют по формуле:

$$Pt = mv_{zp}, \quad (1)$$

где P — сила на торце стержня, Н;

t — время, за которое волна сжатия пройдет расстояние, равное удвоенной длине стержня–груза, $2l_{zp}$, с:

$$t = \frac{2l_{zp}}{C}, \quad (2)$$

где $C = 5 \cdot 10^3$ м/с.

Были приняты стержни различной длины ($l_{zp} = 12,5; 25; 50; 100; 200; 400$ мм) и диаметром $d_{zp} = 40$ мм (погонная масса 0,01 кг/мм длины). Высоту подъема грузов разной длины, а следовательно, и разной массы фиксировали визуально относительно линейки с ценой деления 1 мм, а при высоте подъема, меньшей 50 мм, измеряли величины смятия пластилиновых столбиков, устанавливаемых над грузом.

Для груза диаметром 40 мм в соответствии с формулами (1) и (2) определяют силу на его торце:

$$P = \frac{m\sqrt{2gh}}{2l_{zp}/C} = 108\sqrt{h}, \quad \text{находят среднее}$$

$$\text{давление на торце груза: } \tilde{p} = \frac{4P}{\pi d_{zp}^2} \approx 86\sqrt{h}. \quad (3)$$

Среднюю скорость в волне сжатия определяют как половину скорости вылета груза:

$$\tilde{v} = \frac{v_{zp}}{2} = 2,20\sqrt{h}. \quad (4)$$

Средняя интенсивность в волне сжатия:

$$\tilde{I} = \tilde{v}\tilde{p} = 190h. \quad (5)$$

Градиент среднего давления в волне сжатия на ее переднем фронте можно рассчитать по формуле:

$$\text{grad } \tilde{p} = \frac{\tilde{p}}{2l_{zp \min}} = \frac{86\sqrt{h}}{2l_{zp \min}}.$$

При $l_{zp \min} = 12,5$ мм,

$$\text{grad } \tilde{p} = 3,4\sqrt{h}. \quad (6)$$

При передаче ударного импульса непосредственно пластиной в обрабатываемую среду (например, при вакуумно–дуговом переплаве сплавов), учитывая волновые сопротивления $\rho\tilde{v}$

материала пластины и обрабатываемой среды, коэффициент отражения на границе пластины – обрабатываемая среда в соответствии с работой [4] определяют по формуле:

$$K = \frac{\rho_n C_n - \rho_c C_c}{\rho_n C_n + \rho_c C_c}, \quad (7)$$

где ρ_n и C_n – соответственно плотность материала пластины и скорость звука в нем; ρ_c и C_c – соответственно плотность обрабатываемой среды и скорость звука в ней.

При вакуумно–дуговом переплаве титановых сплавов на медном охлаждаемом поддоне, являющемся пластиной вибратора, коэффициент отражения волны сжатия при $\rho_n C_n = 33 \cdot 10^5$ г/см²·с и $\rho_c C_c = 22,9 \cdot 10^5$ г/см²·с, т. е. амплитуда давления в волне сжатия уменьшится при переходе ее из меди в титановый сплав на 18%.

$$K = \frac{33 \cdot 10^5 - 22,9 \cdot 10^5}{33 \cdot 10^5 + 22,9 \cdot 10^5} = 0,18.$$

С учетом значений волновых сопротивлений для стали и алюминиевых сплавов (39,4 и 13,7 г/см²·с соответственно) следует рекомендовать при ЭГИО в ковше жидкой стали применение стального волновода, а при ЭГИО алюминиевых сплавов – волновода из титановых сплавов. При этом коэффициент отражения волны сжатия, рассчитанный по формуле (7), для первого случая (волновое сопротивление жидкой стали $\rho_n C_n = 7,35 \cdot 5 \cdot 10^5 = 36,5 \cdot 10^5$ г/см²·с $K = 0,05$ и для второго случая $K = 0,25$. В таблице приведены средние значения давления, скорости, интенсивности и градиента давления в волне сжатия для методов внешнего физического воздействия на процесс кристаллизации сталей. Для ЭГИО приведены данные расчета характеристик волны сжатия по формулам (3) – (7) для вибратора со стальной пластиной толщиной $\delta = 10$ мм, диаметром 185 мм при энергии разряда $Q = 0,625$ кДж, зарядном напряжении $U = 50$ кВ, емкости конденсаторов ГИТ, $c = 0,3$ мкФ, индуктивности разрядного контура $L = 10$ мкГн, высоковольтном разряде на

пластину, межэлектродном промежутке $l_p = 50$ мм.

Для гармонических синусоидальных колебаний при низкочастотной вибрации, электромагнитном перемешивании и ультразвуке градиент давления $\text{grad } \tilde{p}$ рассчитывают по формуле:

$$\text{grad } \tilde{p} = p_{\max} \frac{2\pi f}{C},$$

где: p_{\max} – амплитуда колебаний давления, МПа; f – частота колебаний, Гц.

На рис. 2 приведена схема механизма ЭГИВ на процессы дегазации, рафинирования и кристаллизации металлов. При разработке этой схемы за основу взята схема механизма воздействия ультразвука на процессы дегазации и кристаллизации металлов [9-12]. При использовании мощных ультразвуковых генераторов удастся получить интенсивность колебаний J до 300 Вт/см^2 . Применив зависимость $\tilde{p} = \tilde{v} \rho C$ с учетом (5), имеем $\tilde{p} = \sqrt{J \rho C}$; для стали получим $\tilde{p} = 10,8$ МПа; $\tilde{v} = 0,3$ м/с. Такое давление не может создать фактическое переохлаждение расплава, при котором могли бы образоваться дополнительные центры кристаллизации. В соответствии с работой [13] при давлении 1 МПа переохлаждение составит $(3 - 5) \cdot 10^{-2}$ К. Поэтому для ультразвуковой обработки в качестве основных факторов воздействия на процесс кристаллизации считают наличие кавитации в расплаве и акустических потоков. Кавитация приводит при захлопывании кавитационных камер к образованию микроударных волн, способствующих дроблению кристаллов, образованию новых центров на активированных за счет ударных волн нерастворим примесях. Акустические потоки приводят к перемешиванию и диспергированию кристаллов.

Более мощное воздействие по сравнению с ультразвуком на процессы диспергирования кристаллов, их зарождения и перемешивания расплава осуществляется при ЭГИО. На излучающей стальной пластине электроразрядного вибратор

ра создается волна сжатия интенсивностью $J = 200 \cdot 10^3 \text{ Вт/см}^2$ (см. таблицу), что на два-три порядка выше интенсивности ультразвуковой волны. Давление в волне сжатия достигает значений $\tilde{p} = 288$ МПа, скорость $\tilde{v} = 7$ м/с. При этом давлении фактическое переохлаждение расплава составит 8,5 – 14 К. В этом случае возможно появление новых центров кристаллизации в расплаве.

Градиент давления (до 11 МПа/мм) на переднем фронте волны сжатия вызывает дробление кристаллов без кавитации, особенно на границе твердой и жидкой фаз, см рис. 1.

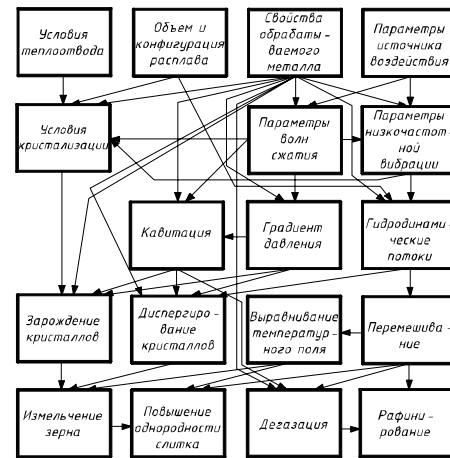


Рис. 1. Схема механизма ЭГИВ на процессы дегазации, рафинирования и кристаллизации металлов

Fig. 1. The EGIV mechanism scheme on processes of decontamination, refinement and crystallization of metals

Таким образом, импульсное введение энергии в жидкий и кристаллизующийся металл при ЭГИО создает возможность обрабатывать большие массы металла (50 т и более) с малыми энергетическими затратами (2 – 10 МДж на 1 т расплава). По удельным энергетическим затратам ЭГИО имеет существенные преимущества по сравнению с традиционными методами внешнего физического воздействия, приведенными в таблице.

Установки для ЭГИО жидкой стали в ковшах емкостью от 6 до 30 т внедрены в производство на Черноморском и

Таблица 1. Давление, скорость, градиент давления в волне сжатия при методах внешнего физического воздействия на процесс кристаллизации сталей

Table 1. Pressure, speed, a pressure gradient in a compression wave at methods of external physical impact on process of crystallization staly

Методы внешнего физического воздействия	Частота импульсов или колебаний f , МПа	Давление \tilde{P} , МПа	Скорость \tilde{V} , м/с	Интенсив J , Вт/см ²	Градиент давления grad \tilde{P} , МПа/мм
Низкочастотная вибрация	50	4,7	0,13	60,0	$2,6 \cdot 10^{-4}$
Электромагнитное перемешивание	50	36,4	1,0	3540	$2 \cdot 10^{-3}$
Ультразвук	20000	10,8	0,28	300	$3 \cdot 10^{-1}$
ЭГИО	–	288,0	7,0	$200 \cdot 10^3$	11,5

Балтийском судостроительных заводах, при непрерывной разливке стали – на Руставском металлургическом заводе. Опытная установка для обработки титановых сплавов при вакуумно-дуговом переплаве успешно испытана при получении слитка диаметром 450 мм на Верхнесалдинском металлургическом производственном объединении.

При ЭГИО ударная вязкость повышается до 30%, порог хладноломкости снижается от -40 до -65°C [4]. Выход годного повышается на 2 – 3%.

ПОВЕРХНОСТНОЕ УПРОЧНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ МАШИН С ПОМОЩЬЮ ОБКАТЫВАНИЯ ИХ РОЛИКАМИ

Одним из методов повышения эксплуатационных свойств деталей, которые компенсируют дефекты механической обработки, является поверхностное пластическое деформирование (ППД). С помощью ППД деталей в процессе их механической обработки достигают в поверхностном слое большую степень наклепа (до 100%), высокий уровень остаточных сжимающих напряжений (до 350 МПа), получают шероховатость обработанной поверхности $R_a = 0,1 - 0,16$ мкм. Это способствует повышению усталостной прочности деталей и износостойкости пар трения.

Одной из основных задач ППД является решение вопроса совмещения чистовой и упрочняющей обработки. Для упрочняющего и чистового обкатывания стальных деталей широко применяют устройства с торообразным роликом. Установлено, что при больших углах вдавливания ролика на обкатанной поверхности детали появляется волнистость с шагом, отличным от величины подачи ролика. При этом торцовое биение ролика считается основной причиной появления волнистости [14, 15].

При упрочняющем обкатывании тонкий поверхностный слой для исключения волнистости поверхности после обкатывания или стачивают, что существенно уменьшает эффективность упрочнения, а при чистовом обкатывании для предотвращения появления волнистости ограничивают задний угол вдавливания ролика в плоскости подачи φ_a до $2 - 3^\circ$, что, однако, ограничивает чистовой эффект обкатывания параметром шероховатости $40 \leq R_z \leq 160$ мкм.

Универсальным динамометром УДМ измерены составляющие усилия P обкатывания торообразным роликом валов диаметром 100 – 120 мм на токарном станке.

На рис. 2 приведена осциллограмма составляющих усилия P при обкатывании вала из наиболее распространенной стали 40 ($HB\ 200$), полученная при установке роликового узла на опо-

рах скольжения, т. е. применительно к конструкции устройств, используемых на заводах для упрочняющего и чистового абкатывания стальных деталей. При этом номинальное значение $P_{yn} = 5$ кН, а соотношение: $P_{xn}:P_{yn}:P_{zn} = 0,15:5:1,5$.

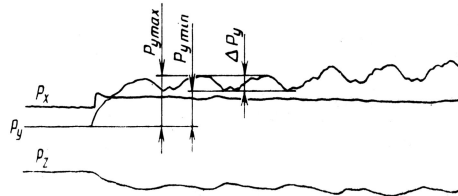


Рис. 2. Оциллограмма составляющих усилия P обкатывания:

P_x – сила качения ролика; P_y – сила поджима ролика к детали; P_z – сила подачи

Fig. 2. The oscillogram of R making effort about-katyvaniya:

P_x – force of a kacheniyе of a roller; P_y – force podzhy a roller to a detail; P_z – force of giving

Из оциллограммы видно, что сила P_x в процессе обкатывания остается практически постоянной, а силы P_y и P_z – с каждым оборотом ролика периодически изменяются; амплитуда колебания силы P_y составляет $\Delta P_y = 0,45P_{yn}$, сила P_z изменяется менее заметно. При установке роликового узла на подшипниках качения, как показали измерения, $\Delta P_y \leq 0,03 \cdot P_{yn}$, а колебаний сил P_x и P_z практически не обнаружено.

Коэффициент трения в подшипниках скольжения составляет $f_c = 0,05 - 0,1$, а в подшипниках качения $f_k = 0,003 - 0,008$, поэтому стабилизация силы P при установке роликового узла на подшипниках качения достигается существенным уменьшением сил трения в опорах. Это позволяет предположить, что основной причиной появления волнистости является наличие колебания усилия P обкатывания при каждом обороте ролика в результате его радиального биения [16].

На рис. 3 приведена номограмма для определения усилия обкатывания деталей из стали 20 (P_{20}) по заданным профильному радиусу ролика r_p , его

диаметру D_p и детали D_d и пример выбора усилия P_{20} для раскатывания в стальной детали (сталь 20) отверстия диаметром $D_d = 100$ мм роликом диаметром $D_p = 40$ мм с профильным радиусом $r_p = 8$ мм. Полученное построением решение (точка A) означает, что в случае применения устройства с роликовым узлом на опорах скольжения при ограничении эффекта упрочнения из-за опасности появления волнистости на обкатанной поверхности усилие $P_{20(2,5)} = 0,5$ кН ограничено углом $\varphi_a = 2,5^\circ$; в случае же применения устройства с роликовым узлом на подшипниках качения с целью совмещения чистового и упрочняющего обкатывания $P_{20(5)} = 5$ кН, средний угол вдавливания ролика $\varphi = 5^\circ$. При обкатывании деталей повышенной твердости усилие P_{20} необходимо умножить на коэффициент твердости [14].

При обкатывании винтов и червяков с крупным шагом применяют с целью совмещения чистового упрочняющего обкатывания игольчатые ролики малого диаметра, $D_p = 3 - 4$ мм [16]. При этом за три прохода достигается деформация поверхности витков по всему профилю резьбы с образованием поверхности, имеющей шероховатость $R_a = 0,16 - 0,32$ мкм при исходной шероховатости, соответствующей $R_z = 12,5 - 50$ мкм (погонное усилие q на ролике, равное $1,4 - 1,6$ кН/мм, рассчитано по зависимости $q = 0,02 \text{ НМ}\varphi D_p$ [17]), где НМ – твердость по Мейеру. Зубья крупномодульных шестерен обкатывают коническими роликами со средним диаметром $D_p = 6$ мм [18].

При обкатывании плоских и волнистых поверхностей медных плит кристаллизаторов установок непрерывной разливки стали с учетом малой твердости меди применены ролики большего диаметра ($D_p = 40$ мм) с прямолинейной образующей длиной 25 мм. Обкатывание выполнялось с подачей $S = 5 - 8$ мм/дв. ход при усилии 11 кН. При исходной шероховатости $R_a = 10 - 20$ мкм получена поверхность с шероховатостью $R_a = 0,63 - 1,25$ мкм [19].

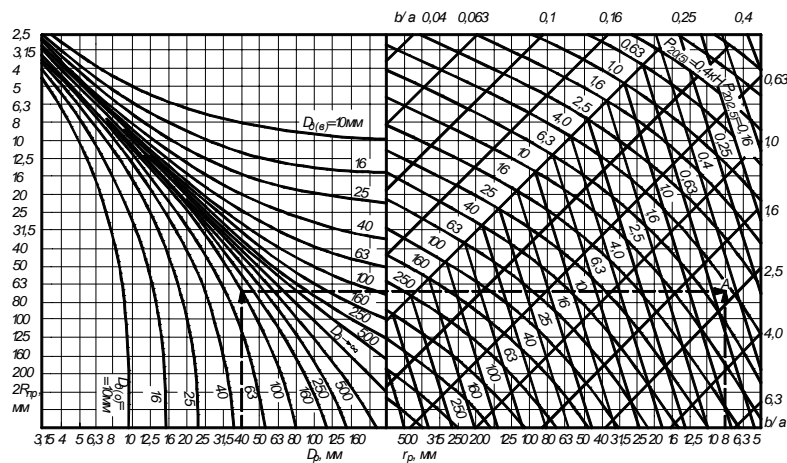


Рис. 3. Номограмма для определения усилия обкатывания деталей из стали 20 ($D_{\partial(e)}$ – диаметр обкатываемого вала; $D_{\partial(o)}$ – диаметр раскатываемого отверстия;

$$2R_{np} = 1/(D_p \pm 1/D_{\partial})$$

Fig. 3. The nomogram for definition of effort of an obkatyvaniye of details from steel 20 ($D_{\partial(e)}$ – diameter of a run-in shaft; $D_{\partial(o)}$ – diameter of an unrolled slots

$$2R_{np} = 1/(D_p \pm 1/D_{\partial})$$

Глубину наклепа при поверхностном пластическом деформировании рассчитывают по приближенной формуле С. Г. Хейфеца для круговых и близким к ним отпечатков. Для произвольных отпечатков необходимо использовать зависимости теории упругости в соответствии с гипотезой Губера–Мизеса средних касательных напряжений [20]. Наиболее достоверно с меньшими доверительными интервалами глубину наклепа экспериментально можно определить, исследуя условный предел текучести при разрыве микрообразцов, вырезанных из детали на различном расстоянии от поверхности [20].

ВЫВОДЫ

1. Усовершенствован метод мерных стержней Гопкинсона для определения характеристик волны сжатия на поверхности пластины электроразрядного вибратора (давления, скорости, ускорения, интенсивности). Метод основан на определении количества движения, передаваемого пластиной вибратора в мерные стержни.

2. Представлена гипотеза механизма измельчения макро- и микроструктуры металла при электрогидроимпульсном воздействии – создание фактического переохлаждения расплава до 14 К и зарождение дополнительных центров кристаллизации, разрушение дендритов на границе твердой и жидкой фаз с помощью волны сжатия, имеющей градиент давления выше 10 МПа/мм.

3. Заменой в опорах роликового узла обкатного устройства подшипников скольжения подшипниками качения достигается стабилизация усилия обкатывания, что позволяет исключить волнистость при значительных углах вдавливания роликов и обеспечивает возможность совмещения чистового и упрочняющего обкатывания.

4. Разработана методика расчета, выбора усилия обкатывания торообразными, бочкообразными и цилиндрическими роликами, обеспечивающая получение поверхности деталей с параметром шероховатости $R_a = 0,8 - 0,32$ мкм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карпенко И., Миронов В., Шкурат С., Полянский П. 2008. Восстановление изношенных деталей методами газотермического напыления. *Мотрол.* – 264–267.
2. Ершов Г.С., Поздняк Л.А. 1985. Микронеоднородность металлов и сплавов. – М.: Металлургия. – 214.
3. Попов А. 2010. Новая теория контактной прочности упруго сжатых тел. *Мотрол.* – 223–232.
4. Поздеев В. А., Царенко П. И., Бутаков Б. И., Малошевский П. П. 1985. Электроразрядные генераторы упругих колебаний. – Киев: Наук. Думка. – 176.
5. Испытательная техника: В 2-х кн. / Под общ. ред. В. В. Ключева. 1982. – М.: Машиностроение, Кн. I. – 528.
6. Тимошенко С. В. 1965. Сопротивление материалов. Т. II. – М.: Наука, – 192.
7. Кольский Г. 1955. Волны напряжений в твердых телах – М.: ИЛ., – 192.
8. Бутаков Б.И. 2007. Пути повышения надежности деталей машин. Матеріали VII міжнародної науково-технічної конференції "Механізація і енергетика сільського господарства", Мотрол. – Люблін–Ропшице–Миколаїв, 11–14 вересня 2007.– 38–46.
9. Абрамов О. В., Хорбенко И. Г., Швегла Ш. 1984. Ультразвуковая обработка материалов. М.: Машиностроение – Братислава: Альфа. – 276.
10. Специальные способы литья: Справочник / В.А. Ефимов, Г.А. Анисович, В.Н. Бабич и др.; Под общ. ред. В.А. Ефимова. 1991. – М.: Машиностроение. – 436.
11. Ефимов В.А., Эльдарханов А.С. 1995. Физические методы воздействия на процессы затвердивания сплавов. – М.: Металлургия. – 272.
12. Ершов Г.С., Позняк Л.А. 1993. Структурообразование и формирование свойств сталей и сплавов. – К.: Наукова думка. – 384.
13. Чалмерс Б. 1968. Теория затвердивания. – М.: Металлургия. – 288.
14. Браславский В. М. 1975. Технология обкатки крупных деталей роликами. – М.: Машиностроение. – 160.
15. Одинцов Л.Г. 1987. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием. – М.: Машиностроение. – 328.
16. Бутаков Б. И. 1984. Усовершенствование процесса чистового обкатывания деталей роликами // Вестник машиностроения. - № 7. – 50 – 53.
17. Бутаков Б. И. 1985. Способы обкатывания роликом винтов и червяков с крупным шагом в тяжелом машиностроении // Вестник машиностроения. - № 3. - 44 – 50.
18. Браславский В. М., Бутаков Б. И. 1973. Обкатывание роликами зубьев крупномодульных шестерен // Вестник машиностроения. - № 3. - 63 – 64.
19. Браславский В. М., Топычканов В. В., Бутаков Б. И. 1980. Технология обработки медных плит кристаллизаторов // Вестник машиностроения. - № 9. - 58 – 59.
20. Бутаков Б. И. 1982. Оценка точности определения глубины наклепа при поверхностном пластическом деформировании // Вестник машиностроения. - № 11. - 22 – 24.

DEVELOPMENT OF
TECHNOLOGIES OF VOLUME
AND SUPERFICIAL HARDENING
OF METALS AND ALLOYS.

Abstract. In article two technologies of hardening of metals and alloys are presented: volume hardening of metal preparations in the course of their hardening from a liquid state in firm, superficial hardening of details by means of an obkатыvaniye their rollers. The hypothesis of the mechanism of crushing macro – and metal microstructures is described at electrohydropulse influence – creation of the actual overcooling расплава to 14 To and origin of the additional centers of crystallization, destruction of dendrites on border of firm and liquid phases by means of a compression wave. The technique of a choice of optimum effort of an obkатыvaniye by rollers depending on the geometrical sizes of a detail and a roller and hardness of a processed detail is presented.

Key words: Decontamination, refinement, crystallization, obkатыvaniye rollers.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА СЕПАРАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СЕМЕННОЙ МАССЫ ОВОЩЕБАХЧЕВЫХ КУЛЬТУР

Сергей Пастушенко, Николай Огиенко

Черноморский государственный университет имени Петра Могилы
54003 Украина, Николаевская обл., г. Николаев, ул. 68 Десантников 10
Николаевский государственный аграрный университет
54028, Украина, Николаевская обл., г. Николаев, ул. Крылова 17А

Аннотация. Разработаны математические модели гидродинамического поля вихревого течения однородной и сплошной среды, определена динамика тяжелых и легких частиц семенной технологической массы, под влиянием кавитации и барботации в центробежном поле гидропневмосепаратора. Приведены результаты математического моделирования процесса движения крупной фракции технологической массы овощебахчевых культур в цилиндрическом наклонном сепараторе.

Ключевые слова: Комплекс машин, технологическая линия, математические модели, теоретическое исследование.

ВВЕДЕНИЕ

Разработка технологического оборудования механизированного процесса получения семян овощебахчевых культур предполагает глубокое теоретическое обоснование всех составляющих процессов, происходящих в машине, с целью правильного выбора ее технологических параметров, конструкции и рабочих органов.

Одна из машин [1], что предложена авторами для доработки технологической массы овоще-бахчевых культур рис. 1. и получения их семян объединяет два способа сепарации: гидравлический и пневматический. Рассматривая гидравлический способ сепарации свежесвыделенных семян, можно отметить, что твердые частицы, находясь в потоке вращающейся жидкости подвергаются воздействию центробежной силы. При этом частицы большей массы (как правило это кондиционные семена) переносятся к периферии, а частицы меньшей объемной массы (фрагменты кожуры, мякоть, некондиционные семена и другие включения)

собираются в центральной части, поднимаются и выносятся через сливное отверстие.

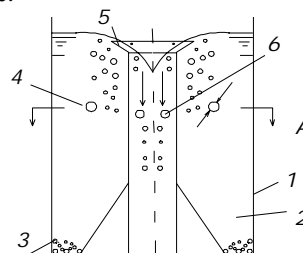


Рис. 1. Схема гидропневмосепаратора:
Fig. 1. Hidropnevmoseparatora scheme:
1 – корпус сепаратора; 2 – вода с частицами плода, семенами и т.д.; 3 – семена; 4 – трубки для подачи воды; 5 – сливная воронка; 6 – отходы

Для выделения остатков семян из предварительно переработанной технологической массы овощебахчевых культур предложено наклонный цилиндрический сепаратор [2], который может использоваться как самостоятельная установка для получения семян, или как отдельный элемент поточной линии для доработки

технологической массы. Цилиндрический роторный сепаратор (рис. 2) представляет собой сетчатый барабан, вращающийся вокруг центральной оси под углом к горизонту. Крупные частицы корки дыни или огурца подаются на внутреннюю поверхность барабана. Параметры роторного сепаратора (диаметр, число оборотов в минуту, наклон) подбираются так, чтобы перемещение объемных масс по решетке происходило без отрыва от поверхности барабана, для обеспечения трения корки, интенсифицируя при этом процесс просеивания семян сквозь решетку.

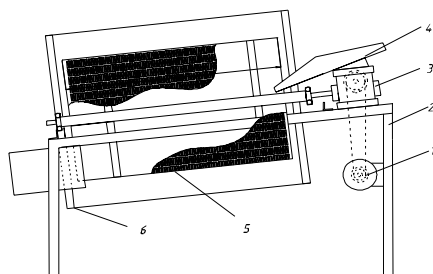


Рис. 2. Схема цилиндрического роторного сепаратора

1 – электродвигатель, 2 – рама, 3 – редуктор; 4 – подающий лоток; 5 – сетчатый барабан; 6 – подбарабанье

Fig. 2. The scheme of the cylindrical rotary separator

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Несмотря на простоту конструкции сепараторов, математическая модель их работы достаточно не однозначная, поэтому программу аналитических исследований построим из двух этапов. На первом этапе определяем гидродинамическое поле вихревого течения условно однородной и сплошной среды с некоторой плотностью, а также динамику тяжелых (кондиционные семена) и легких частиц (мезга, пустые семена и другие включения) в центробежном поле жидкости под влиянием кавитации и барботации, а на втором, рассмотрим математическую модель работы цилиндрического сепаратора.

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Исследование процессов, происходящих в машине при окружной подаче воды, описано в работах многих ученых. В цилиндрической системе координат движение такой среды в общем виде описывается уравнениями Навье-Стокса [2]. Однако исследования вихревой гидродинамики вязкой жидкости образованной семенной технологической массой до сих пор не встречались в научной литературе.

Проблеме кавитации, посвящено большое количество работ [2-6]. Большинство теоретических работ касаются разработки математических моделей динамики одиночного пузырька. При этом в упрощенных моделях [2] жидкость считалась несжимаемой. В других теоретических разработках учитывается сжимаемость жидкости [3, 4]. С точки зрения математической физики, задачи о динамике пузырьков являются краевыми задачами с подвижными границами для уравнения Лапласа или волнового уравнения. В последние десятилетия разработаны аналитические методы решения таких задач [7]. Анализу процесса барботации, всплытия газового пузырька, также посвящено множество работ. Отдельные научные работы, исследовали коллективное поведение пузырьков в жидкости. Наличие пузырьков в жидких средах меняет их свойства, определяющих динамику газожидкостных (двухфазных) сред [8, 9].

Изучению механизмов трения и их математическим моделям посвящено большое количество работ. Следуя [5], рассмотрим основные положения процесса определения коэффициента трения.

Р. Амонт и Ш. Кулон ввели понятие коэффициента трения как отношение силы трения к нагрузке:

$$F_{mp} = f_{mp} \cdot N, \quad (1)$$

где: N – сила нормального давления; F_{mp} – сила трения; f_{mp} – коэффициент трения.

Значение коэффициента трения для различных пар материалов приводятся в различных физико-технических справочниках, например в [6].

Дальнейшие исследования известных ученых показали, что коэффициент трения зависит не только от вида материала трущихся тел, но и от степени обработки поверхностей и их смазки. Далее выяснилось, что сила статического трения (при сдвиге с места) отличается от силы трения движения. Кулон изучал силу трения при медленном смещении контактирующих тел.

Известно, что введение смазки и просто смачивание водой уменьшает трение. Теория смазки (вязкого трения) была дана впервые Рейнольдсом в 1886 г. Если смазки недостаточно, то действуют все три механические силы трения: сила статического сопротивления сдвига с места, кулонова сила и сила вязкого трения. В 1902 г. Штробек экспериментально показал, что при отсутствии смазки сила трения при сдвиге не падает относительно кулоновой силы, а происходит постепенное ее снижение.

Зависимость коэффициента трения от скорости скольжения (относительного движения трущихся тел) крупной корки дыни или огурца в наибольшей мере отображается уравнением предложенным И. В. Крагельской и В. С. Щедровым [7] в виде:

$$f_{mp} = (a + b \cdot |v|)e^{-c|v|} + d, \quad (2)$$

где: a, b, c, d – постоянные, характеризующие режим скольжения и свойства материалов пары (измельченная корка, мякоть, решетное полотно);

ИЗЛОЖЕНИЕ МАТЕРИАЛА

На первом этапе жидкую среду с различными включениями считаем условно однородной, вязкой, несжимаемой жидкостью. Как было отмечено ранее, движение такой среды в общем виде описывается системой уравнений Навье-Стокса, которая в цилиндричной системе координат имеет вид:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial r} + v \frac{\partial u}{r \partial \varphi} + w \frac{\partial u}{\partial z} = F_r - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} + \left[\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial u}{\partial r} - \frac{u^2}{r^2} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 u}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right],$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} + u \frac{\partial V}{\partial r} + v \frac{\partial V}{r \partial \varphi} + w \frac{\partial V}{\partial z} = F_\varphi - \frac{1}{\rho r} \frac{\partial p}{\partial \varphi} + \left[\frac{\partial^2 V}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial V}{\partial r} - \frac{V}{r^2} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 V}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} \right],$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial r} + v \frac{\partial w}{r \partial \varphi} + w \frac{\partial w}{\partial z} = F_z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \left[\frac{\partial^2 w}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial w}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 w}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right],$$

где u, V, w – соответственно радиальная, окружная и осевая скорости; v – кинематическая вязкость; ρ – плотность жидкости; F_r, F_φ, F_z – проекции массовых сил на оси координат; t – время; p – давление.

К системе уравнений движения (2) следует добавить уравнения неразрывности для несжимаемой жидкости:

$$\frac{\partial u}{\partial r} + \frac{u}{r} + \frac{1}{r} \frac{\partial v}{\partial \varphi} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0. \quad (3)$$

Всю область движения жидкой среды (рис.1) разобьем на две: ниже питающих трубок и выше питающих трубок. В нижней области движение жидкости изменяется вдоль оси z и при z = 0 считаем, что среда находится в покое. В верхней области считаем, что среда движется с одинаковой осевой скоростью вдоль координаты z.

Прежде всего, рассмотрим движение жидкости в нижней части. Через установившийся режим движения массы производные по времени равны нулю $\left(\frac{\partial}{\partial t} = 0 \right)$. Учитывая осесимметрич-

ной характер конструкции гидроневмосепаратора считаем, что производные по координате (углу) φ равны нулю. Массовые силы также равны нулю, т.е. $F_r = F_\varphi = F_z = 0$. Далее, из-за малости, пренебрегаем осевым и радиальным движением жидкости. В результате принятых допущений система уравнений (2), (3) принимает вид:

$$\frac{\partial^2 V}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial V}{\partial r} - \frac{V}{r^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = 0, \quad (4)$$

где: r – радиальная координата ($R_1 \leq r \leq R_2$); z – осевая координата направленная вверх, на которой точка 0 расположена в центре круга (днище сепаратора) ($0 \leq z \leq H$).

Для поля окружной скорости в сепараторе получаем следующее представление:

$$V(z, r) = V_0 \frac{5\pi d^2}{16R_2 \delta} J_1 \left(\frac{5\pi}{4} \frac{r}{R_2} \right) \frac{\operatorname{sh} \left(\frac{5\pi}{4R_2} z \right)}{\operatorname{sh} \left(\frac{5\pi}{4R_2} H \right)}. \quad (5)$$

На рис. 3 та рис. 4 изображена зависимость:

$$\frac{V(z, r)}{V_0 \cdot J_1 \left(\frac{5\pi}{2 \cdot 4} \right)} = \frac{\operatorname{sh} \left(\frac{5\pi}{4R_2} z \right)}{\operatorname{sh} \left(\frac{5\pi}{4R_2} H \right)},$$

от радиуса и глубины емкости пневмосепаратора.

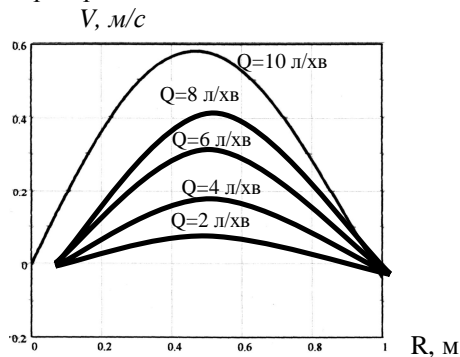


Рис. 3. Зависимость окружной скорости от радиуса емкости гидропневмосепаратора при различной величине подачи воды

Fig. 3. The dependence of the circumferential speed of the radius gidropnevmoseparatora capacity for different values of the water

Максимальная круговая скорость потока достигается при $z = 0$ и

$$r = \frac{R_2}{2}.$$

Одной из задач данного исследования является создание математической модели влияния процесса барботации на отмывание семян от составляющих технологической массы. Адекватность такой математической модели, описывающей физическую сущность процесса очистки технологической семенной массы, к реальным процессам, позволяет оптимизировать выбор конструктивных и технологических параметров машины.

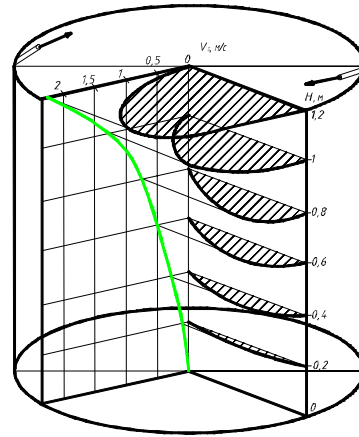


Рис. 4. Зависимость круговой скорости от глубины гидропневмосепаратора

Fig. 4. Dependence on the depth of the circular velocity gidropnevmoseparatora

Нами было спроектировано и разработано дополнительные узлы для подачи воздуха (барботеры), которые установлены в гидросепараторе и требуют теоретического исследования влияния их воздействия на качество процесса доработки семенной массы. За счет барботации происходит интенсивное трение слоев жидкости, что позволяет размывать слизь и желатиноподобную пленку до состояния клетчатки и сока, и обеспечивает лучшую очистку семян.

Что касается полученных ранее экспериментальных данных численных оценок скорости всплытия u , то они относятся к воде. В нашем случае жидкость имеет вязкость на порядок большую чем вода. Произведем оценку скорости всплытия пузырьков диаметром $(5 \div 6)$ мм с учетом коэффициента кинематической вязкости $\nu = 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

Равновесную скорость всплытия u_0 определим из условия равенства силы сопротивления подъемной силе:

$$\frac{4}{3} \pi a_0^3 (\rho_T - \rho_{жс}) g = c_y \rho_{жс} \pi a_0^2 \frac{u_0^2}{2}, \quad (6)$$

тут c_y – коэффициент сопротивления; a_0^3 – радиус пузырька в момент отрыва; ρ_T – плотность массы; d_0 – диаметр отверстия барботера; $\rho_{жс}$ – плотность жидкости; g – ускорение свободного падения.

Откуда получаем, что

$$u_0 = \frac{8}{3} \frac{a_0 g}{c_y(u_0)}, \quad (7)$$

Далее находим:

$$\sqrt{c_y} = 0,34 \left[1 + \sqrt{1 + 8,6 \left(\frac{24}{Re} \right)} \right], \quad (8)$$

$$Re = \frac{2a_0 u_0}{\nu}. \quad (9)$$

Уравнения (7), (8), (9) позволяют найти выражение для равновесной скорости всплытия пузырька. Подставляя (9) в (8) и тогда в (7), получим уравнение для определения u_0 :

$$u_0 = \frac{2,18 \cdot R_0}{(v_0/a_0) + 31,6 \sqrt{R_0}}, \quad (10)$$

где: a_0 – радиус; ν – вязкость.

Оценим скорость всплытия пузырька $R_0 = 2,5$ мм по формуле (10) при $v_0 = 10$:

$$u_0 \approx \frac{2,2 \cdot 2,5}{10/2,5 + 31,6 \cdot \sqrt{2,5}} \approx 0,1 \text{ м/с}.$$

Количество движения пузырьков

$$\begin{aligned} m_{жс} \cdot u_0 &= \frac{4}{3} \pi a_0^3 \rho_{жс} u_0 = \\ &= \frac{4}{3} 3,14 (2,5 \cdot 10^{-3})^3 1000 \cdot 0,1 \approx 0,6 \cdot 10^{-5} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}. \end{aligned}$$

Следует отметить, что здесь использована не масса газа в пузырьке, а присоединённая масса жидкости.

При всплытии большого числа пузырьков, в случае их равномерного распределения по объему, скорость коллективного всплытия можно оценить формуле:

$$\frac{u_k}{u_0} = \frac{1}{1 + k \cdot \vartheta \frac{1}{3}}, \quad (11)$$

где: u_0 – скорость всплытия одиночно-го пузырька; u_k – скорость коллективного всплытия; k – коэффициент, который учитывает пространственное распределение пузырьков ($k = 1,3 \div 2,1$); ϑ – объемная концентрация пузырьков.

Рассмотрим математическую модель работы цилиндрического

сепаратора, как случай квазистатики (постоянного малого проскальзывания) частицы на внутренней поверхности барабана [8]. Силы, действующие на семя в его относительном движении показано на рис. 5.

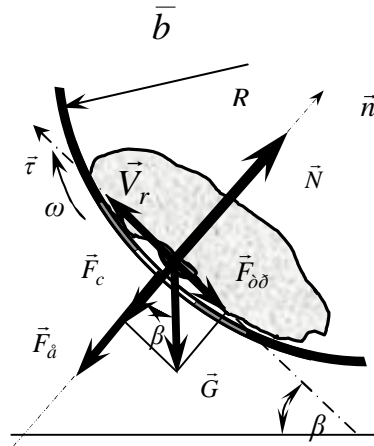


Рис.5. Схема сил, действующих на тело
Fig.5. Diagram of the forces acting on the body

Считаем, что тело находится в условиях равновесия сил

$$G \cdot \sin \beta - F_{mp} = 0,$$

где: β – угловая координата;

G – вес тела ($G = mg$),

m – масса тела,

F_{mp} – сила трения.

Силу трения определим с учетом вращения:

$$F_{mp} = (G \cdot \cos \beta + C) f_{mp}, \quad (12)$$

где: C – отцентровая сила давления

$$C = m \frac{V_0^2}{R}, \quad (13)$$

где: V_0 – постоянная окружная скорость; R – радиус.

После ряда преобразований приведенных выше зависимостей получим уравнение для определения равновесной скорости вращения тела:

$$V_0 = \sqrt{Rg \left(\frac{\sin \beta}{f_{mp}} - \cos \beta \right)}, \quad (14)$$

учитывая, что:

$$V_0 = \frac{\pi R n}{30}, \quad (15)$$

где n – число оборотов сепаратора.

Найдем число оборотов барабана из (15):

$$n = \left(\frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{R}{g}} \left(\frac{\sin \beta}{f_{mp}} - \cos \beta \right) \right)^{1/2}, \quad (16)$$

где $\frac{\sin \beta}{f_{mp}} > \cos \beta$.

Движение семени вместе с барабаном – это переносное движение с угловой скоростью ω .

Рассмотрим динамику движения корки некоторой массы m по внутренней поверхности сепаратора. Текущее ее положения определим угловой координатой $\beta(t)$.

Уравнения динамики корки в общем виде:

$$\sum_{i=1} M_i = 0, \quad (17)$$

где: M_i – i -тый момент, который действует на тело.

Момент силы инерции:

$$M_1 = J\ddot{\beta}, \quad (18)$$

где $\ddot{\beta}$ – угловое ускорение,

J – момент инерции тела принимаем

$$J = mR^2. \quad (19)$$

Момент силы скатывания:

$$M_2 = mg R \sin \beta. \quad (20)$$

Момент силы трения:

$$M_3 = -f_{mp} \left[mg \cos \beta + m \frac{(R\dot{\beta})^2}{R} \right] R. \quad (21)$$

Суммируя моменты с учетом их знаков, получаем:

$$\ddot{\beta} m R^2 + mg \sin \beta - f_{mp} \left[mg \cos \beta + m \frac{(R\dot{\beta})^2}{R} \right] R = 0 \quad (22)$$

тут $\dot{\beta}$ – угловая скорость.

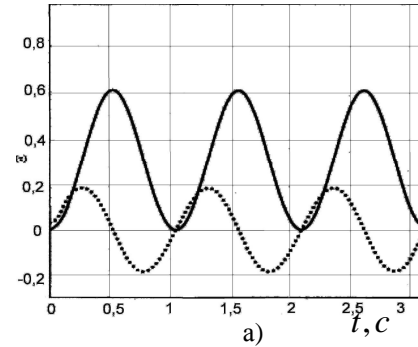
После ряда преобразований:

$$\ddot{\beta} + \left(\frac{g}{R} \right)^2 \sin \beta = f_{mp} \left[\dot{\beta}^2 + \left(\frac{g}{R} \right)^2 \cos \beta \right]. \quad (23)$$

На рис. 6 и 7 приведены результаты расчета автоколебаний корки внутри

барабана по уравнению (23) при постоянном значении коэффициента трения в пределах 0,3 ... 0,4 при котором возможно безотрывное перемещение с протиранием корки по решетке.

β, rad



β, rad

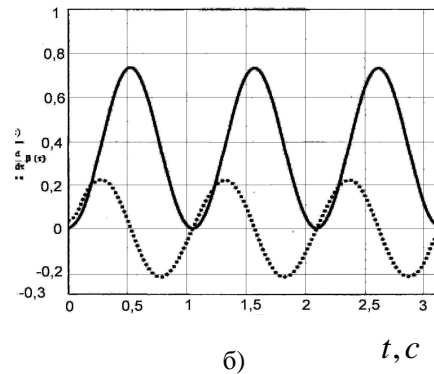


Рис. 6. Автоколебания тела по окружности сепаратора, при

Fig. 6. Self-oscillations of the body along the circumference of the separator, under

а) $f_{mp} = 0,3$, б) $f_{mp} = 0,35$

— $-\beta(\tau)$, $-0,1 \cdot d/dt \cdot \beta(\tau)$.

Из рис. 6, 7, а, видно, что в пределах изменения коэффициента трения от 0,3 до 0,4 наблюдается линейное увеличение амплитуды (в радианах) подъема корки. На рис. 7, б приведены результаты расчета автоколебаний корки по уравнению (23) при переменном коэффициенте трения. При увеличении коэффициента трения колебательное движение корки невозможно, так как она будет двигаться по окружности вместе с барабаном без протирания.

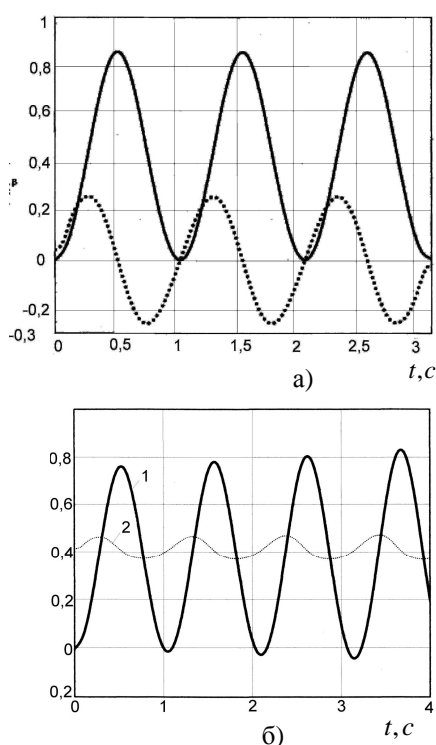


Рис. 7. Автоколебания тела по окружности сепаратора, при
Fig. 7. Self-oscillations of the body
in a circle the separator, the

а) $f_{mp} = 0,4$, б) 1. $\beta(t)$;

2. $f_{mp} = 0,35 + 0,2|6 - \beta|e^{-0,5|6 - \beta|}$

Анализируя полученные графические зависимости наблюдаем увеличение угла подъема корки при изменении коэффициента трения, в связи с этим можно утверждать, что для рабочей поверхности сепарирующего барабана нужно подбирать материалы, которые бы обеспечивали движение фрагментов корки с коэффициентом трения 0,37 ... 0,4, так как при данных значениях данного параметра увеличивается путь прохождения корки по внутренней поверхности барабана, и этим обеспечивается более полное отделение семян.

ВЫВОДЫ

1. В результате исследований получены математические модели кругового движения жидкости, и опреде-

лено количество подачи воды ($Q = 5 \dots 8$ л / мин) при которой достигается наиболее эффективная скорость движения жидкой среды ($V = 0,3 \dots 0,6$ м / с) для качественного отмывания семян.

С целью исследования влияния на очистку семян процесса барботации разработана и предложена математическая модель, аналитическая реализация которой позволила получить линейный закон роста пузырьков в барботере, а также установить зависимость частоты их отрыва ($f = 2-9$ шт/с) от количества подачи воздуха при отмывании семян от составляющих технологической массы.

2. В статье приведены результаты математического моделирования движения крупной фракции технологической массы овоще-бахчевых культур, а именно дыни и огурца. Получены уравнения расчета автоколебаний частиц корки и построены диаграммы зависимостей угла подъема корки указанных культур при различных значениях коэффициента трения что позволило, анализируя графики, определить высоту ($\beta = 0 \dots 1$ рад.) подъема корки и время ее прохождения вдоль барабана сепаратора для каждого из значений коэффициента трения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. 29598 У Украина, МПК А23N15/00. Гид-ропневмосепаратор / Огиенко Н.Н., Пастушенко С.И., Горбенко А.А. / - заяв.30.03.07; опубликован. 25.01.08. Бюл.2

2. Пат. 30735 У Украине, А23N15/00. Цилиндры-ческий сепаратор семян овощебахчевых культур / Огиенко Н.Н., Пастушенко С.И., Горбенко А.А., Ду-Менко К.М. - Заявл. 09.11.07; Опубл. 11.03.08. Бюл. № 5.

3. Бэтчелор Дж., 1973, Введение в динамику жидкости. Перев. с англ. - М.: Мир., -758 .

4. Анисимов И. Ф, 1987, Машины и поточные линии для производства семян овощебахчевых культур. - Кишинев: Штиинца. - 292.

5. Камке Э. , 1965 Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям. Перев. с немец - М.: Наука. - 704.
6. Хаппель Дж., Бренер Г., 1976, гидродинамика при малых числах Рейнольдса. Перев. с англ. - М.: Мир, - 630.
7. Кузнецов Д.С. , 1965, Специальные функции. - М.: Высш. шк. - 424.
8. Богомолов А.И., Михайлов К.А., 1972, Гидравлика. - М.: Стройиздат - 648.
9. Гегузин Я.Е. Пузыри / Гегузин Я.Е. , 1985 - М.: На-ука - 176.
10. Федоровский А.Д. Процессы переноса в сис-темах газ - жидкость / Федоровский А.Д., Никифоров-вич Е.И., Приходько Н.А. , 1988 - К.: Наук. мнение - 256.
11. Поздеев В.А. , 1981. Импульсные возмущения в га-зожидкостных средах / В.А. Поздеев, Н.М. Бескаравайный, В.Г. Ковалев. - К.: Наук. мысль - 190.
12. Поздеев В.А. , 1979, Нестационарные волновые поля в областях с подвижными границами. - К.: Наук. мысль - 192.
13. Кнэп Р., Дейл Д.Ж., Хэммит Ф., 1974, кавитации - М.: Мир. - 668.
14. Анисимов И.Ф. , 1987. Машины и поточные линии для производства семян овощебахчевых культур / И.Ф. Анисимов. - Кишинев: Штиинца.
15. Алешкевич В.А., Ахметьев В.М., 2002, Автоколебания в курсе общей физике / / Физическое образование в вузах. Т.8 № 3 - 7 -13.
16. Чичинадзе А.В. , 2001, Основы трибологии: Учеб-ник для технических вузов. - М.: Машиностроение - 352.
17. Первозванский А.А. , 1998, Трение - сила знако-мая, но Таинственная // Саратовский образовательный журнал, № 2 - 129 - 134.
18. Эберт Г., 1963, Краткий справочник по физике - М.: Физматгиз. - 552.
19. Справочник по триботехнике. Том 1. Теоретические основы , 1989 - Варшава: Машиностроение - 397.
20. Пастушенко С.И. , 2007. Экспериментальные исследования компонентов измельченной массы и физико-механических свойств семян овощебахчевых культур / С.И. Пастушенко, О.А. Горбенко, М.М. Огиенко // Вестник Харьковского НТУСГ им. П. Василенко. - Харьков. - Вып. 62. 318-323.
21. Шебанін В.С., 2007, Технологічна лінія для отримання насіння овоче-баштанних культур / Пастушенко С.І., Шебанін В.С., Думенко К.Н. MOTROL, MOTORYZACIA I ENERGETIKA ROLNICTWA/MOTORIZATION AND POWER INDUSTRY IN AGRICULTURE, TOM 9A, LUBLIN.
22. Шебанін В.С., 2007, Методика проведення випробувань машини для отримання насіння гарбузових культур / Пастушенко С.І. Домчук П.П. MOTROL, MOTORYZACIA I ENERGETIKA ROLNICTWA/MOTORIZATION AND POWER INDUSTRY IN AGRICULTURE, TOM 9A, LUBLIN.

THEORETICAL ASPECTS OF SEPARATION TECHNOLOGY RESEARCH MASS SEED CROPS AND MELONS CULTURES

Abstract. The mathematical model of hydrodynamic vortex flow field of a homogeneous and continuous medium, and defined the dynamics of heavy and light particles of seed technology of mass, under the influence of cavitation and barbotaiyi in a centrifugal field hidropnevmostoseparatora. The results of mathematical modeling of traffic a large fraction of technological supply vegetable and melon crops in the old cylindrical separator.

Key words: Set of machines, technological lines, mathematical models, theoretical research.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ БАЗА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНВЕРСИИ БИОЭТАНОЛА РЕГЕНЕРАЦИЕЙ СБРОСНОГО ТЕПЛА ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Александр Чередниченко, Михаил Ткач

Николаевский национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова
54025, г. Николаев, пр. Героев Сталинграда, 9

Аннотация. В статье приведен анализ целесообразности проведения конверсии углеводородного топлива на основе биоэтанола вторичными энергоресурсами ГТД. Приведена схема стенда для экспериментальных исследований процессов термохимической конверсии путем регенерации тепла отработавших газов газотурбинного двигателя

Ключевые слова: конверсия топлива, газотурбинный двигатель, этанол, термохимическая регенерация тепла

ВВЕДЕНИЕ

Одним из путей повышения эффективности тепловых двигателей является термохимическая регенерация тепла, которая предусматривает утилизацию тепла отходящих газов путем термохимической конверсии базового углеводородного топлива в смесь водородосодержащих газовых смесей (синтез-газа), сопровождающейся эндотермическим эффектом [1-22].

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Базовое топливо для теплосилового установок может быть как традиционным, на базе ископаемых углеводородов, так и альтернативным - отходы термопластических полимеров, этанол, метанол, диметилэфир [3].

В комплексе с реактором-газификатором твердых бытовых, промышленных отходов или низкосортного высокозольного твердого топлива энергетические установки, в том числе на основе газотурбинных технологий могут использоваться для выработки электрической и тепловой энергии из низкопотенциального сырья [4].

Одним из перспективных видов конверсионных топлив является биотопливо – биоэтанол, биодизель, биогаз [5,6].

Известны работы, посвященные теоретическому и экспериментальному

исследованию возможности термохимической регенерации тепла (ТХР) отходящих газов двигателей внутреннего сгорания (ДВС), газотурбинных двигателей (ГТД), в том числе с совместной термодинамической и термохимической регенерацией тепла, а также в парогазотурбинных установках [7-17].

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью работы является разработка экспериментальной базы для исследования взаимосвязи термодинамических параметров газотурбинного двигателя и техникохимических показателей углеводородного топлива на основе биоэтанола при его термохимической конверсии, что требует создания системы измерения и регистрации параметров рабочих сред.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Эндотермическая термохимическая регенерация возможна при условии, что в качестве исходного конвертируемого продукта используются химические соединения с температурой конверсии ниже среднего температурного уровня выпускных газов [18].

При организации эндотермических процессов конверсии в условиях работы двигателя важным вопросом

является выбор базового углеводородного соединения, способного при относительно невысоком среднем уровне сбросного тепла конвертировать в целевые газообразные продукты заданного химического состава (монооксид углерода и водород).

Умеренный тепловой потенциал вторичных энергоресурсов ДВС приводит к тому, что для таких двигателей термохимическая регенерация целесообразна при использовании в качестве базового сырья ряда легких гомологов предельных углеводородов (алканов), низших спиртов и простых эфиров

Выявлено, что для газотурбинных установок ТХР возможна с разной степенью конверсии для таких топлив, как природный газ, метан и его гомологи, бензин, дизельное топливо, спирты, в том числе биоэтанол [19,20]. Перспективным вариантом использования биотоплива может быть комплекс из газотурбинного двигателя с термохимической регенерацией вторичных энергоресурсов и двигателя внутреннего сго-

рания работающего на продуктах конверсии биотоплива.

Структура стенда функционально сформирована из пяти подсистем: энергетической, топливной, нагружения, термохимической регенерации и измерения.

Энергетическая подсистема является основой стенда (рис. 1) и создана на базе газотурбинного вспомогательного двигателя, предназначенного для использования в составе бортовых и наземных источников автономного электроснабжения. Двигатель однокаскадный, со свободной силовой турбиной 11 (турбиной генератора). Блок газогенератора газогенератора состоит из компрессора 9 центробежного типа и приводной турбины 10 турбокомпрес-

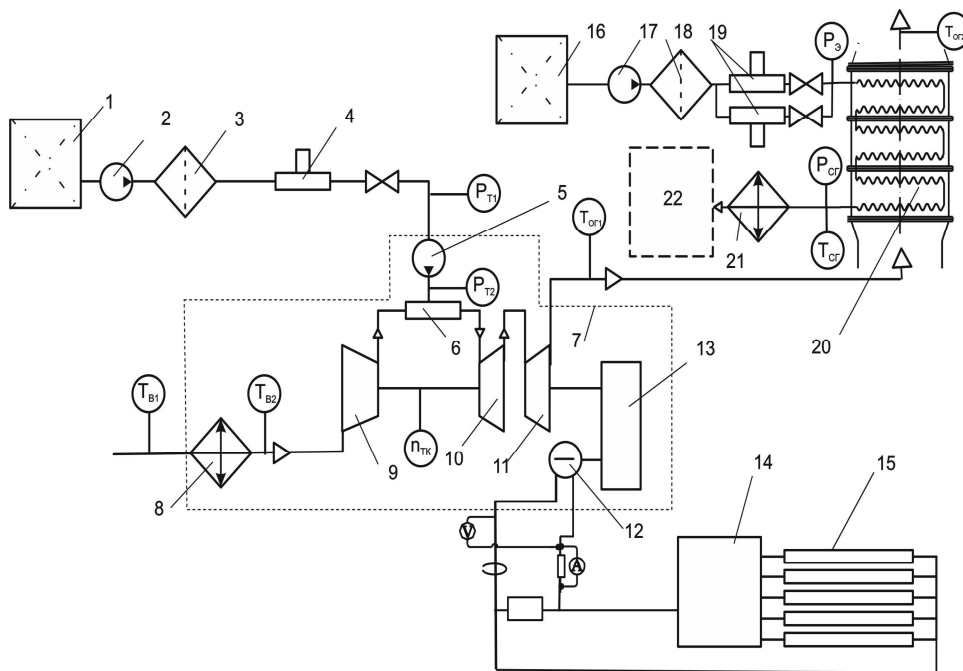


Рис. 1 Схема экспериментального стенда
Fig. 1 Scheme of the experimental stand

сора. Камера сгорания кольцевая с шестью форсунками. Подвод воздуха для работы двигателя осуществляется через пластинчато-ребристый охладитель масла 8. Отработавшие газы по выпускному трубопроводу отводятся в газо-выпускной трубопровод. Энергетическая подсистема оборудована штатной системой дистанционного управления ГТД.

В подсистеме нагружения ГТД, через редуктор 13 приводит штатный электрический генератор постоянного тока 12, который связан с активной нагрузкой 15, выполненной в виде блока ТЭН. Для согласования параметров генератора и нагрузки предусмотрен инвертор 14.

Топливная подсистема выполнена по следующей схеме. Подача жидкого топлива из двухсекционной цистерны 1, осуществляется шестеренным топливоподкачивающим насосом 2 в топливную систему ГТД через топливный фильтр 3 и турбинный преобразователь расхода 4. Требуемая величина давления топлива перед форсунками обеспечивается навешенным топливным насосом 5 центробежного типа.

Подсистема термохимической регенерации предусматривает размещение за газовыхлопом ГТД реактора 20 конверсии биоэтанола. Для минимизации тепловых потерь применена теплоизоляция корпуса термохимического реактора. Температура наружного слоя изоляции (внешнего защитного кожуха) не превышает 40 °С. Водный раствор этанола из бака 16 топливным насосом 17 через фильтр 18 подается на турбинные преобразователи расхода 19. Необходимая точность измерения расхода биоэтанола обеспечивается перекрытием расходных характеристик каждого из турбинных преобразователей. При этом верхний предел измерений одного датчика с небольшим запасом

превышает нижний предел измерений другого датчика.

Пройдя стадию термохимического преобразования продукты конверсии этанола (ПКЭ) поступают в охладитель 21, обдуваемый осевым вентилятором и далее в блок 22 измерения расхода и теплоты сгорания ПКЭ.

Основу подсистемы измерения параметров составляют штатные измерительные приборы ГТД и электрогенератора. Подсистема дооснащена контрольными измерительными приборами и системой первичных датчиков для обеспечения автоматизации проведения эксперимента и обработки данных. При установке датчиков контроля параметров рабочих сред (датчиков температуры, давления, частоты вращения) по возможности использовались штатные присоединительные патрубки и приводы для их присоединения.

Эффективность конверсии биоэтанола в принятой схеме термохимической регенерации тепла отходящих газов ГТД может быть оценена по расходу ПКЭ и теплоте сгорания полученной смеси.

Разработка экспериментального стенда потребовала создания эффективных, быстродействующих и достаточно простых средств измерения теплоты сгорания ПКЭ.

Проведенный анализ литературных и электронных источников информации показал, что существующие способы определения теплоты сгорания горючих газов базируются на прямых и косвенных методах измерения. Способы, которые базируются на прямых методах измерения предусматривают сжигание газа в калориметре или основаны на регистрации теплового потока от мини-факела. Измерение такими способами требуют достаточно много времени и характеризуются умеренной точностью.

Предлагаемая экспериментальная база предусматривает применение косвенных способов, основанных на функ-

циональных связях плотности исходного газа с теплотой сгорания продуктов конверсии.

ВЫВОДЫ

1. Создана экспериментальная установка на базе автономного газотурбогенератора с термохимической регенерацией тепла отходящих газов, позволяющий экспериментально исследовать влияние термодинамических параметров ГТД на техникохимические показатели углеводородного топлива на основе биоэтанола при его термохимической конверсии.

2. Показана возможность определения в режиме реального времени термодинамических параметров газотурбинного двигателя и техникохимических показателей углеводородного топлива на основе биоэтанола при его термохимической конверсии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Носач В.Г. 1989. Энергия топлива [Текст] / В.Г. Носач. – К.: Наукдумка, – 148.
2. Корабельников А.В. 2006. Химическая регенерация тепла и преобразования топлива в энергетических установках [Электронный ресурс] / А.В. Корабельников, А.Л.Куранов, С.С.Рыжиков // Электронное видання – Режим доступу: www.chemphys.edu.ru/pdf/10-12-002.pdf.
3. Тимошевский Б.Г. 2011. Моторные топлива из полимерного сырья: производство и применение [Текст] / Б.Г. Тимошевский, М.Р. Ткач // Монография. - К.: День печати, – 290.
4. Иванов В.Л. 2006. Газотурбинный двигатель для установки по термической переработке твердых бытовых и промышленных отходов [Текст] / В.Л. Иванов, Т.А. Заживихина // Авиационная техника. – Казань, – №2 – 76-79..
5. Моисеев И.М. 2006. Альтернативные источники органических топлив / И.М.Моисеев, Н.Э. Платэ, С.Д. Варфоломеев // Вестник РАН. - № 5 - 427-437.
6. Носач В.Г. 2009. Повышение эффективности использования биогаза в теплоэнергетических установках с помощью термохимической регенерации [Текст] / В.Г.Носач, А.А. Шрайбер // Промышленная теплотехника. – №2. – 57-63.
7. Каменев В. Ф. 2005. Теоретические и экспериментальные исследования работы двигателя на водородно-топливных композициях [Текст] / В. Ф. Каменев, В. М. Фомин, Н. А. Хрипач // International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology (ISJAEE). – №7. – 32 – 42.
8. Хрипач Н.А. 2006. Термодинамический анализ рабочего цикла двигателя с термохимическим генерированием водородного топлива [Текст] / Н.А. Хрипач, В.Ф. Каменев, В.М. Фомин, С.В. Алешин // International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology (ISJAEE). – №4 – 45 – 50.
9. Kesser K.F. 1994. Analysis of a Basic Chemically Recuperated Gas Turbine Power Plant [Text] / K.F. Kesser, M.A. Hoffman, J.W. Baughn // Journal of Engineering for Gas Turbines and Power. – vol. 116. – 277–284.
10. Carcasci C. 1998. Design issues and performance of a chemically recuperated aeroderivative gas turbine [Текст] / C. Carcasci, B. Facchini, S. Harvey // – Proc Instn Mech Eng. – Vol. 212, Part A – 314–329.
11. Alves L.G. 2003. Thermoeconomic evaluation of a basic optimized chemically recuperated gas turbine cycle [Текст] / L.G. Alves, S.A. Nerba // Int. J. Thermodynamics. – Vol. 6, №7 – 13-22.
12. Korobitsyn M.A. 1998. New and Advanced Energy Conversion Technologies. Analysis of Cogeneration, Combined and Integrated Cycles [Text] / M.A. Korobitsyn. – Enschede: Febodruk BV. – 155.
13. Horlock H.J. 2003. Advanced gas turbine cycles [Текст] / H.J. Horlock–Elsevier Inc.,–203.
14. Lloyd A. 1991. Thermodynamics of chemically recuperated gas turbine

[Text] / A. Lloyd // – CEES Report, – № 256.

15. Чередниченко А.К. 2010. Об эффективности термохимической регенерации тепла в газотурбинных установках мобильных энергокомплексов [Электронный ресурс] / А.К. Чередниченко // Электронне видання "Вісник Національного університету кораблебудування". – Миколаїв: НУК, – № 1. – Режим доступу: <http://ev.nuos.edu.ua>.

16. Верхівкер Г.П. 2003. Хімічна регенерація тепла у парогазових установках [Text] / Г.П. Верхівкер, Абу-Ельджадаїль Кахер, В.П. Кравченко / Труды ОПУ – №3 – 7.

17. Шириязданов Р.Р. 2010. Термодинамический анализ рабочего цикла двигателя с термохимическим генерированием водородного топлива [Текст] / Р.Р. Шириязданов, А.Р. Давлетшин, Е.И. Ипатов // International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology (ISJAE). - № 11 - 101 - 106.

18. Ткач М.Р. 2009. Эффективность газотурбинной установки с термодинамической и термохимической регенерацией тепла отходящих газов [Текст] / М.Р. Ткач, А.К. Чередниченко // Авиационно-космическая техника и технология, № 7 (64), - 19–22

19. Третьяков В.Ф. 2006. Биоэтанол – сырье для получения компонентов моторных топлив и нефтехимических продуктов [Текст] / В. Ф. Третьяков, Т. Н. Мастюгина, А. С. Лермонтов, Т. Н. Бурдейная // Катализ в промышленности. – Т. 2, № 4. – 12–17

20. Третьяков В.Ф. 2010. Каталитические превращения этанола [Текст] / В.Ф. Третьяков, Ю.И. Макаrfи, Р.М. Талишинский, Н.А. Французова // Вестник МИТХТ. — № 5. – 5-22.

21. Черевков Г., Кохана Т., Могильович І. 2006; Альтернативна енергетика аграрного комплексу України / MATROL. – 8А. – 106 – 116.

22. Uzdowski V. 2002. Some aspects of using fuels of vegetable origin on farms [Text] / V.Uzdowski. – Commission of motorization and energetics in agriculture. – 182.

TEST BENCH FOR RESEARCH OF CONVERSION OF BIOETHANOL BY USE OF THE WASTE HEAT OF GAS TURBINE ENGINE

Abstract. The usefulness of the conversion of bioethanol by use of the waste heat of gas turbine engine is proved. The scheme of the test bench for experimental studies of processes of thermochemical conversion by heat recovery of exhaust gas turbine engine is given.

Key words: conversion of fuel, gas turbine engine, ethanol, thermochemical regeneration of heat.

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗМЕРА АРЕНДНОЙ ПЛАТЫ ЗА ЗЕМЕЛЬНЫЙ УЧАСТОК

Иван Кищак^{*}, Валерий Гавриш^{**}, Ирина Саварина^{*}

^{*} Николаевский национальный университет

^{**} Николаевский государственный аграрный университет

^{*} 54030, г. Николаев, ул. Никольская 24

^{**} 54030, г. Николаев, ул. Крылова 17 а

Аннотация. В статье приведены варианты построения доходной модели арендной платы земельного участка. Предложено оптимизацию процесса в расчете арендной платы с использованием экономико-математического моделирования. Определены расчетные оптимальные параметры размера арендной платы

Ключевые слова: факторы, оценка, рыночная стоимость, земельный участок, аренда, эффективность.

ВВЕДЕНИЕ

Аренда земли является реальной и экономически эффективной альтернативой покупке земли. Одним из главных ценообразующих факторов рыночной стоимости земли является ее функциональное назначение и использование. Установление рыночной стоимости земли требует использования процедуры ее независимой оценки, которая имеет свои особенности, связанные, в первую очередь со спецификой использования земель в сельскохозяйственном производстве.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Вопрос о земельных и имущественных арендных отношениях рассмотрены в научных трудах таких ученых-экономистов, как В.Амбросов, А.Данкевич, А.Ермаков, М.Малика, В.Месель-Веселяка, П.Гайдуцкий, П.Саблук, И.Червен, Е.Шебанина, А.Шпикуляк, В. Юрчишин и других [1-24].

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью работы является определение путей совершенствования арендных отношений в экономико-

производственной деятельности аграрных формирований рыночного направления и эффективного их развития с учетом современных тенденций их развития.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Некоторые исследователи предлагают рассматривать арендную плату как специфическую форму кредитования арендодателями арендаторов реальным земельным ресурсом, а значит, как в любых кредитных отношениях арендная плата должна выплачиваться безусловно, независимо от рисков аграрной деятельности [22].

И.Панченко предлагает определять норму арендной платы (q) по формуле [14]:

$$q = \frac{e \cdot (r + g)}{r}, \quad (1)$$

где: e - ставка дисконтирования;

r - норма капитализации;

g - норматив налоговых отчислений.

В терминах его модели учетная ставка служит нормативом прибыли на капитал, инвестированный в обустройство территории (общегородские земельные улучшения). Ставка капитализации - это норма отдачи на землю как неисчерпаемый ресурс (актив не амор-

тизируется), способен генерировать неограниченное во времени поток денежных поступлений (в данном случае земельного налога). Использование в расчетах системы налогообложения ($g = 0,01$) и нормативную базу массовой денежной оценки ($e = 0,06$; $r = 0,03$) исследователь достигает определенного ориентира относительно реального на то время уровня арендных отчислений - 8% от стоимости земли. Величину арендной платы для отдельного земельного участка им предлагается определять по формуле:

$$R_i = V_i \cdot q_0 \cdot \prod_{n=1}^{mn} K_i, \quad (2)$$

где: R_i – ежегодная арендная плата для i -го земельного участка;

V_i – стоимость i -го участка;

q_0 – базовая норма арендных отчислений (рассчитанная по его моделью расчета арендной платы); K_i – значение n -го корректирующего фактора (срок аренды, размер участка, присутствие определенных обременений или сервитутов) для i -го участка.

По его мнению, такая модель определения арендных платежей имеет четкое научное основание, опирается на объективные экономические процессы и явления (альтернативные возможности землепользования, обесценение денег во времени и т.п.). Ее исходные параметры позволяют адекватно учитывать существенные арендные условия, которые подкреплены генетической связью расчетных показателей с действующими законодательно-нормативными документами.

А.Ермаков и А.Кравченко, рассматривая вопросы совершенствования механизма земельных арендных отношений, утверждают, что определение уровня арендной платы зависит от следующих факторов: качества (плодородия) земельного участка, его местоположения, цен на сельскохозяйственную продукцию, которая производится на арендованной земле, спроса на этот ресурс и предложения его в соответствующем регионе. Исследователи отмечают, что эффективной аренда земли

может быть тогда, когда арендатор будет четко осознавать свою ответственность, иметь достаточное количество материально-технических ресурсов, чтобы аренда земли приносила прибыль и была экономически выгодной как для арендодателя, так и для арендатора [6].

Ю.Прус, исследуя экономическую эффективность использования арендуемых земель, отмечает, что стандартная методика экономической эффективности использования земли в условиях аренды должна быть дополнена показателями арендной платы, прибыли до уплаты арендной платы, дифференциального дохода после уплаты арендной платы. При анализе экономической эффективности использования земли с точки зрения процесса воспроизводства, прибыль целесообразно корректировать на индекс роста расходов, что позволит делать более обоснованные выводы относительно его уровня и динамики. Им предложена методика, которая предусматривает установление максимального и договорного уровня арендной платы и осуществления анализа возможностей ее уплаты. Расчет договорной арендной платы (начисленной в текущем году и обеспечивать нормативную рентабельность с учетом арендной платы в себестоимости) предлагается осуществлять по формуле [15]:

$$OP_{nom} = \frac{(\sum C_{c1} + C_{c1}^{ng}) \cdot (C_{m_{бесп}} \cdot (P_6 - P_n))}{(1 + P_n) \cdot \sum C_{c1} \cdot K_{m_i}} - \frac{(1 + P_n) \cdot (B_{nc} + OP_{мин_m})}{(1 + P_n) \cdot \sum C_{c1} \cdot K_{m_i}}, \quad (3)$$

где: OP_{nom} – арендная плата, начисленная текущего года, грн;

C_{c1} – производственная себестоимость i -той продукции растениеводства (без арендной платы текущего года и стоимости семян), грн;

C_{c1}^{ng} – себестоимость незавершенного производства i -той продукции растениеводства на конец текущего года (без арендной платы текущего года и стоимости семян), грн;

$C_{тбездор}$ – производственная себестоимость товарной продукции (без арендной платы за землю), грн;

$P_в$ – исходная рентабельность;

P_n – рентабельность нормативная;

$B_{пс}$ – дополнительные расходы, которые включаются в полную себестоимость реализованной продукции, грн;

$OP_{мин}$ – арендная плата прошлых лет в себестоимости товарной продукции растениеводства, грн.;

K_{mi} – коэффициент товарности по i -ой продукции растениеводства.

В общетеоретическом смысле содержание категории и сущности эффективности производства рассматривается как показатель интегрированной экономии затрат совокупного труда с целью получения полезного эффекта, отображающий уровень качества хозяйствования и является формой определения производственных отношений. Соответствующая модель критерия эффективности производства отражает результат интенсивного влияния взаимодействия различных производственных факторов [7]:

$$E = Q(p^0 M + aF + \lambda^0 L + \delta)^{-1}, \quad (4)$$

где: E – критерий интегральной экономической эффективности производства,

Q – выработана продукция у валовому выраженні, тыс. грн,

$p^0 M$ – материальные затраты, тыс. грн;

aF – амортизация производственных фондов, тыс. грн,

$\lambda^0 L$ – расчеты за аренду земли, тыс. грн,

δ – сумма других затрат, тыс. грн.

Эффективность использования земельных угодий характеризуется производством продукции на 100 га площади угодий. Изучение достигнутого уровня производства продукции используется для оценки достигнутых результатов производства, проверки состояния плановых показателей и экономического обоснования производственной программы в планах хо-

зяйства на предстоящий период. Производство продукции в сопоставимых ценах на 100 га сельскохозяйственных угодий считается основным обобщающим результативным показателем уровня интенсивности сельского хозяйства, который предопределяет другие показатели, характеризующие степень использования ресурсов производства, себестоимость и рентабельность продукции, прибыль и общую рентабельность хозяйства. Сопоставляя расчетный показатель с фактическим исследуют влияние на объем производства общего уровня производительности хозяйства. Математически аналитические расчеты отражаются следующим образом [13]:

$$y^1 = \sum_{i=1}^n x_1 \cdot x_2^0, \quad y^0 = \sum_{i=1}^n x_1^0 \cdot x_2^0, \quad y = \sum_{i=1}^n x_1 \cdot x_2, \quad (5)$$

$$\Delta y = y - y^0, \quad \Delta y(x_1) = y^1 - y^0,$$

$$\Delta y(x_2) = y - y^1,$$

где: y, y^1, y^0 – показатели стоимости валовой продукции на 100 га сельскохозяйственных угодий: соответственно фактический, расчетный и базисный,

x_1 – размеры отрасли в расчете на 100 га сельскохозяйственных угодий,

x_2 – стоимостная производительность единицы отрасли,

$\Delta y(x_1)$ и $\Delta y(x_2)$ – отклонения в показателях валового производства продукции за счет соответственно размеров отраслей и уровня производительности.

Возможность использования земельного участка и плодородие почвы определяют ценность земель сельскохозяйственного назначения, исходя из его физических характеристик (рельефа, почвы, водного режима). Из всех возможных вариантов использования

выбирается тот, от которого ожидают наибольший экономический эффект.

С целью оценки показателей плодородия почвы на участке земли используют бонитировки почв (сравнительную оценку плодородия почв при схожих агрономических и климатических параметрах в условиях одинаковой интенсивности земледелия). При бонитировки почв выделяют основные признаки, влияющие на урожайность сельскохозяйственных культур: содержание гумуса в пахне, мощность гумусового горизонта, реакция среды почвенного раствора и т.п. В связи со сложностью и трудоемкостью этой процедуры, при оценке сельскохозяйственных земель, используют готовые шкалы бонитировки.

Определение варианта использования земельного участка и его плодородия позволяет построить доходную модель сельскохозяйственного производства на этом участке. Модель учитывает расходы собственника по организации сельскохозяйственного процесса и его доходы от реализации продукции за определенный период времени (например, за год). К расходам в данном случае относятся расходы на сельскохозяйственную технику, оплату труда работников (в том числе и владельца участка, если он самостоятельно обрабатывает землю), проценты за использование капитала, предпринимательский доход и риски этой деятельности. Положительная разница между доходами и расходами дисконтируется в текущие показатели стоимости и эта дисконтированная величина выступает рыночной стоимостью земельного участка.

Учитывая практическую значимость вопроса, считаем целесообразным изложить собственное видение в этом направлении. К основным направлениям, которые определяют размер арендной платы за арендуемый земельный участок относим:

- а) площадь участка – R ;
- б) процентная ставка арендной платы – P ;

в) нормативная оценка стоимости земельного участка – ST ;

г) срок действия договора аренды – S ;

д) количество заключенных договоров аренды земельного участка - N ;

е) производство валовой продукции предприятием – V ;

ж) возможность возникновения форс-мажорных обстоятельств - F .

Значение указанных факторов основывается на нормативно определенных (P ; ST , R) и расчетно-прогнозные (S , N ; V ; F) в таких шкалах (границах):

P , %: 3; 5; 7; 9; 11; > 11;

ST , тыс. грн: < 10; 10,1-20,0; 20,1-30,0; 30,1-40,0; 40,1-50,0;

R , га: < 500; 501-1000; 1001-2000; 2001-5000; 5001-10000;

S , лет : < 10; 11-20; 21-30; 31-40; 41-49;

N , единиц: < 20; 21-30; 31-40; 41-50; > 51;

V , млн грн. : < 1,0; 1,1-2,0; 2,1-5,0; 5,1-10,0; 10,1-15,0.

Применение метода экономико-математического моделирования позволяет определить размер арендной платы за арендованный земельный участок (долю, пай). Целевая функция определения размера арендной платы формализованы объединяет критерии - максимальная прибыль от сдачи в аренду земли с учетом страхования от возможных форс-мажорных обстоятельств и объем привлеченных инвестиций со стороны арендатора:

$$W = (1 + \mu) \cdot i \cdot \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^m \frac{a_{jk} \cdot R_j \cdot P_{jk} \cdot ST_{jk}}{S_{jk}} + \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^m In_{jk} - c \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^m a_{jk} \cdot I_{jk} = \quad (6)$$

$$= \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^m \left[(1 + \mu) \cdot i \cdot \frac{a_{jk} \cdot R_j \cdot P_{jk} \cdot ST_{jk}}{S_{jk}} \right] + \left[In_{jk} - c \cdot a_{jk} \cdot I_{jk} \right]$$

$$W \rightarrow \max_{\mu \rightarrow 0} \quad (7)$$

Первое слагаемое формулы (6) отражает основную стоимость аренды,

второй - затраты на обязательное страхование от форс-мажорных обстоятельств, третий - сводные инвестиционные расходы арендатора. Формула (7) показывает общую тенденцию оптимизации арендной платы - максимизация целевой функции при стремлении к нулю коэффициента μ .

Параметрами данной модели являются: μ – относительный коэффициент влияния человеческого фактора и отсутствия конкурентной среды на рынке аренды земли (если основные факторы обуславливают формирование арендной платы на 85%, то на человеческое влияние и отсутствие конкуренции приходится 15%, а относительный коэффициент человеческого влияния

будет равна: $\mu = \frac{15}{85} = \frac{3}{17} = 0,18$ от

влияния основных факторов);

i – коэффициент инфляции;

N – количество заключенных договоров;

m – количество возможных вариантов развития для j -го объекта;

a_{ik} – логическая переменная, отражающая выбор для реализации определенного варианта развития;

R_j – площадь j -го участка;

P_{jk} – процентная ставка платы за аренду j -го участка, используемого по k -им вариантам развития;

ST_{jk} – нормативная оценка стоимости j -й земельного участка k -го варианта развития;

S_{jk} – срок действия договора аренды j -й земельного участка, используемого по k -им вариантам развития;

In_{jk} – стоимость страхования j -й земельного участка k -го варианта развития от возможных форс-мажорных обстоятельств;

c – коэффициент экономической эффективности инвестиций;

I_{jk} – дополнительные инвестиционные затраты арендатора j -й земельного участка k -го варианта развития.

Ограничением данной модели является неравенство

$$W + c \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^m a_{jk} \cdot I_{jk} < \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^m \lambda_{jk} \cdot V_{jk} < V, \quad (8)$$

которое определяет максимально возможный объем затрат предприятия, где λ_{ik} и V_{ik} – это относительный коэффициент интенсивности использования j -й земельного участка k -го варианта развития и ее возможный объем валовой продукции соответственно, V – суммарный объем валовой продукции предприятия.

При определении основных факторов, под влиянием которых формируется размер арендной платы, проведено группирование, которое показало, что ее рост происходит прямо пропорционально увеличению площади арендуемых земель и их денежной оценке (при условии неизменности нормативной оценки земли).

Исходные данные для проведения расчетов по определению размера арендной платы за арендуемые земельные участки приведены в таблице 1.

Площадь земельного участка, га	Срок действия договора аренды, годы	Объем производства валовой продукции, млн. грн	Количество заключенных договоров аренды, единиц	Процентная ставка арендной платы, %	Возможные форс-мажорные условия	Расчетные	
						Производство продукции, тыс. грн/га	Размер арендной платы, %
R	S	V	N	P	F		
500	5	0,5	10	3	0,1	6,250	3,7
750	10	1,5	25	5	0,12	9,375	6,5
1500	15	2,5	35	7	0,15	18,750	7,8
3500	20	7,5	45	9	0,18	43,750	10,5
5000	25	12,5	75	11	0,2	62,500	12,7

Таблица 1. Расчетные оптимальные параметры размера арендной платы
Table 1. The calculated optimal parameters for determining the rent

Практическая реализация системы оценки определения размера арендной платы за арендуемые земельные участки предусматривает осуществление анализа и оценки расчета оптимальной процентной ставки для заключения договора аренды согласно принятых управленческих решений на основании: а) экспертной оценки б) реализации экономико-математической модели.

ВЫВОДЫ

Вышеизложенное позволяет утверждать, что регулирование отношений собственности по использованию земельных ресурсов, состоянии проведения расчетов за аренду земельных участков являются главными составляющими, которые формируют основы становления и функционирования земельно-арендных отношений в рыночной среде. Наряду с этим перспективное развитие аренды земельных участков предусматривает необходимость равных условий для оптимального функционирования предприятий всех форм собственности, учет факторов и параметров, позволяющих определить размер арендной платы за земельный участок; благоприятной государственной политики относительно субъектов хозяйствования, осуществляющих деятельность по расчетам за арендованную землю в соответствии с лучшими мировыми традициями.

Это требует реализации следующих мероприятий:

- оптимизации размеров аграрных формирований и их подразделений с учетом специализации и особенностей природно-климатических условий;
- создание равных экономических условий для функционирования различных форм хозяйствования;
- рациональной организации сельскохозяйственного производства в различных хозяйственных формированиях на основе определения их технико-технологических и экономических параметров;

- нормативно-правового регулирования договорных отношений относительно аренды земли, обеспечение приоритетности прав арендодателей и на этой основе стабилизации общественно-социальных отношений в сельской местности;

- привлечение капитала отечественных сельскохозяйственных структур для формирования целостных земельных и имущественных сельскохозяйственных комплексов на условиях партнерства и сотрудничества;

- создание соответствующего правового поля и экономических механизмов для комплексного развития сельских территорий на основе эффективного осуществления предпринимательской деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Амбросов В.Я. 2005: Наукові положення удосконалення економічного і господарського механізму в розвитку сільського господарства / В.Я.Амбросов, Т.Г.Маренич // Економіка АПК. № 10, 14-19.
2. Гайдуцький П.І. 1991: Оренда в агрокомплексі : Запитання і відповіді // П.І.Гайдуцький., К. : Україна, 7.
3. Данкевич А.Є. 2006: Орендні земельні відносини у сільському господарстві / А.Є.Данкевич // Економіка АПК – № 5, 63-69.
4. Данкевич А.Є. 2007: Світовий досвід оренди земель / А.Є.Данкевич // Економіка АПК. — № 3, 138–144.
5. Єрмаков О.Ю. Економічний розвиток аграрних підприємств в умовах ринкових трансформацій / О.Ю.Єрмаков, О.Г.Баранов, О.В.Олійник // Вісник аграрної науки Причорномор'я. – 2005. – № 4 (32), 23-33.
6. Єрмаков О.Ю. 2007: Розвиток раціонального ринку оренди сільськогосподарських земель / О.Ю. Єрмаков, А.Л. Кравченко // Економіка АПК. — № 6, 10 –14.

7. Карташова О.Г. 2011: Підвищення ефективності виробництва винаградарсько-виробних підприємств / О.Г.Карташова // Автореф. дис... канд. екон. наук.: 08.00.04. Дніпропетровський державний аграрний університет. — Дніпропетровськ., 20
8. Кищак І.Т. Економіко-правове забезпечення розвитку земельно-майнових орендних відносин / І.Т. Кищак, І.П. Саварина // Монографія. — Миколаїв. Вид-во «Шамрай», 2011, 221
9. Малік М.Й. 2006: Підприємство у розвитку аграрного ринку / М.Й. Малік, О.Г.Шпикуляк // Економіка АПК. — № 11, 138 — 149.
10. Малік М. Й. 2006 : Розвиток підприємництва в аграрному секторі економіки / М.Й.Малік, О.Г.Шпикуляк // Економіка АПК. — № 4, 3 —10.
11. Месель–Веселяк В.Я. 2007 : Підвищення конкурентоспроможності аграрного сектора економіки України / В.Я. Месель–Веселяк // Економіка АПК. — № 12, 8–14.
12. Месель–Веселяк В.Я. 2006 : Розвиток форм господарювання в аграрному секторі України (результати, проблеми) / В.Я.Месель–Веселяк // Економіка АПК. —№ 12, 34–41
13. Обелець О.С. 2004 : Ринок зерна та його регулювання в Україні / О.С.Обелець // Економіка АПК.— № 7.
14. Панченко І. 1991 : Економічна оцінка територіальних ресурсів / І.Панченко // Економіка України. — № 3, 50 – 56.
15. Прус Ю.О. 2012 : Оренда землі та напрямки її розвитку в сільськогосподарських підприємствах / Ю.О. Прус // Автореф. дис... канд. екон. наук : 08. 00. 04. ХНТУСГ. — Харків, 20.
16. Саблук П.Т. 2009 : Земельний капітал як фактор продуктивності в аграрній сфері / П.Т. Саблук // Трансформація земельних відносин до ринкових умов господарювання : матеріали 2-х річних зборів Всеукр. конгресу вчених економ. — аграрн. Південного регіону України. — Миколаїв : МДАУ, 4–11.
17. Саблук П.Т. 2004 : Структурно-інноваційні зрушення в аграрному секторі України як фактор його соціально-економічного зростання / П.Т.Саблук // Економіка АПК. — № 6, 8-12.
18. Червен І.І. 2008 : Розвиток орендних земельних відносин у сільському господарстві Миколаївської області / І.І.Червен, М.М.Бабич // Економіка АПК. — № 1, 24–27.
19. Червен І.І. 2010 : Трансформація земельних відносин та напрями їх удосконалення / І.І.Червен, В.В. Кузьома // Вісник аграрної науки Причорномор'я. — МДАУ., Миколаїв., —Вип. 1, 23-31.
20. Шибаніна О.В. 2008 : Орендні земельні відносини : сучасний стан та основні напрями вдосконалення / О.В.Шибаніна // Економіка АПК. — № 7, 7-13.
21. Юрчишин В. 2003 : Господарство населення : проблеми майбутнього / В. Юрчишин // Економіка України. — № 9, 69-72.
22. Юхименко П.І. 2010 : Розвиток орендних відносин в аграрному секторі економіки / П.І.Юхименко, О.М.Загурський // Економіка АПК. — № 1, 18 – 20.
23. Holovach I. 2002 : Matimatical modeling of the development of Machine-Traktor Park on the Basis of the system of Nonlinear Integrated Wolter Eguations of the First Sort With an Unknown Bottom Border of Integration // Commission of motorization and energetics in agriculture. Lublin, Volume II, 52 – 60.
24. Nizinski S. 2004 : Models of vehicle operating process // Motorol, Volume 6, 187 – 202.

ECONOMIC AND
MATHEMATICAL MODELING IN
DETERMINING OF THE LAND
RENT

Abstract. The variants of the revenue model of the land rent have been

put in the paper. An optimization process of calculating the amount of rent with the economic and mathematical modeling has been suggested. The estimated optimal parameters for determining rent have been determined.

Key words: factors, evaluation, market value, land, rent, efficiency.

ИССЛЕДОВАНИЯ ТОЧНОСТИ ВАЛОВ ОБКАТАНЫХ УСТРОЙСТВОМ СО СТАБИЛИЗАЦИЕЙ РАБОЧЕГО УСИЛИЯ ОБКАТЫВАНИЯ

Борис Бутаков, Виталий Артюх

Николаевский государственный аграрный университет
54029 г. Николаев ул. Крылова 17А

Аннотация. Проведены исследования точности диаметров валов после обкатывания деталей роликами устройством со стабилизацией рабочего усилия обкатывания. В результате исследований установлено, что после обкатывания точность деталей не выходит за пределы допуска.

Ключевые слова: обкатывание роликами, закон распределения, деформация, качество обработки, поле допуска.

ВВЕДЕНИЕ

Обкатывание деталей роликами с помощью устройства со стабилизацией рабочего усилия обкатывания сопровождается перераспределением металла в поверхностном слое и изменением наружного диаметра детали в зависимости от технологических параметров процесса и исходной шероховатости поверхности перед обкатыванием [1-6].

Применение способа обкатывания роликами в качестве финишной операции для обработки рабочих поверхностей деталей машин и механизмов, в частности валов, определило необходимость проведения исследования точностных характеристик этого способа.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Если допуск обрабатываемой поверхности вала по величине сравним с ожидаемым изменением диаметра или меньше его, то вал должен быть подготовлен под обкатывание с требуемым допуском, но с измененным на величину усадки номинальным размером которая представлена в табл.1 [6]

Исследование выполнялось на образцах валов диаметром 50 мм, изготовленных из стали 40 (200 НВ) в количестве 200 шт. обработанных последовательно шлифованием и обкатыванием со стабилизацией рабочего усилия обкатывания после точения (профильный радиус ролика $r_{\text{рол}} = 6$ мм, усилие обкатывания $P = 3$ кН, исходная шероховатость поверхности $R_a = 2,5$ мкм).

Как видно из табл.1 исходная шероховатость поверхности вала после точения соответствует 6 классу, поэтому перед обкатыванием оставляли припуск 0,015мм.

Анализ точности обработки образцов валов выполнялся статистическим методом (по кривым распределения [7-9]). Замеры деталей осуществлялись после каждого вида обработки рычажным микрометром "Карл Цейс Йена" (зав. № 46370) с пределами измерения 0-50 мм и ценой деления 0,002 мм в двух поперечных сечениях, по двум направлениям в каждом сечении. Из четырех полученных результатов вычислялось среднее арифметическое значение диаметров, которое и принималось за размер вала.

Таблица 1. Уменьшение диаметров валов при обкатывании в зависимости от шероховатости поверхности и способа предварительной обработки

Table 1. Reduction of diameters of shaft at обкатывании depending on a roughness of a surface and спо-соба preliminary processing

Способ предварительной обработки	Класс шероховатости подготовленной поверхности	Изменение диаметра после обкатывания в мм
Точение	4	0,03 – 0,06
	5	0,02 – 0,04
	6	0,01 – 0,02
Шлифование	5	0,01 – 0,02
	6	0,005 – 0,015

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Отклонения от круглости образцов валов определялось на кругломере "TALYROND". Примеры круглограмм приведены на рис.1.

Мера рассеяния действительных размеров диаметра валов определялась по формуле:

$$M = D_{\max} - D_{\min}, \quad (1)$$

где: D_{\max} - наибольший, D_{\min} - минимальный диаметр валов из контролируемой партии.

Среднее арифметическое значение размера, характеризующее центр группирования (распределения), определялось по формуле:

$$D_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \cdot D_i}{\sum_{i=1}^n m_i}, \quad (2)$$

где: D_i - середины интервалов размеров,
 m_i - эмпирические частоты,
 n - количество интервалов.

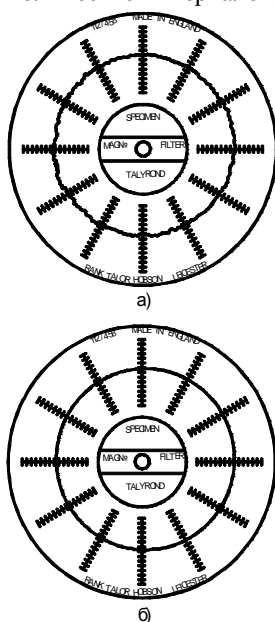


Рис.1. Круглограммы образцов валов после шлифования (а) и обкатывания устройством со стабилизацией рабочего усилия обкатывания (б)

Fig.1. Circlegrams of samples of shaft after grinding (а) and обкатывания an arrangement with stabilization of working effort обкатывания (б)

Эмпирическое среднее квадратическое отклонение от среднего значения размера определялось по формуле:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (D_i - D_{cp})^2 \cdot m_i}{\sum_{i=1}^n m_i}} \quad (3)$$

На рис.2. приведены полигоны распределений, где кривая 1 - для валов после шлифования, кривая 2 - для валов после обкатывания устройством со стабилизацией рабочего усилия обкатывания.

Анализ эмпирических кривых распределения показывает, что как после шлифования, так и после обкатывания они близки к кривым нормального распределения. Наблюдается смещение центра группирования (распределения) размеров деталей после обкатывания на величину $E = 0,003$, что можно объяснить изменением диаметра обкатанных валов за счет увеличения плотности дислокаций кристаллической решетки.

При сборке валов со втулкой величина зазора должна составлять 0,01-0,02 мм, поэтому изменение диаметров валов на 0,003 мм не повлечет практически к увеличению трудоемкости применяемой по действующей технологии доводки, для достижения необходимой начальной площади контактирования.

Выравнивание эмпирического распределения производилось по закону нормального распределения (Гаусса).

Для построения кривых нормального распределения 1а - после шлифования и 2а - после обкатывания устройством со стабилизацией рабочего усилия обкатывания (рис.2), достаточно определить координаты шести-семи точек, в том числе четырех характерных точек. Одна из характерных точек, соответствующая абсциссе $x = \bar{x} = D_{cp}$, является вершиной кривой, а остальные три берутся с абсциссами $x = \pm S$, $x = \pm 2S$, $x = \pm 3S$ (табл. 2).

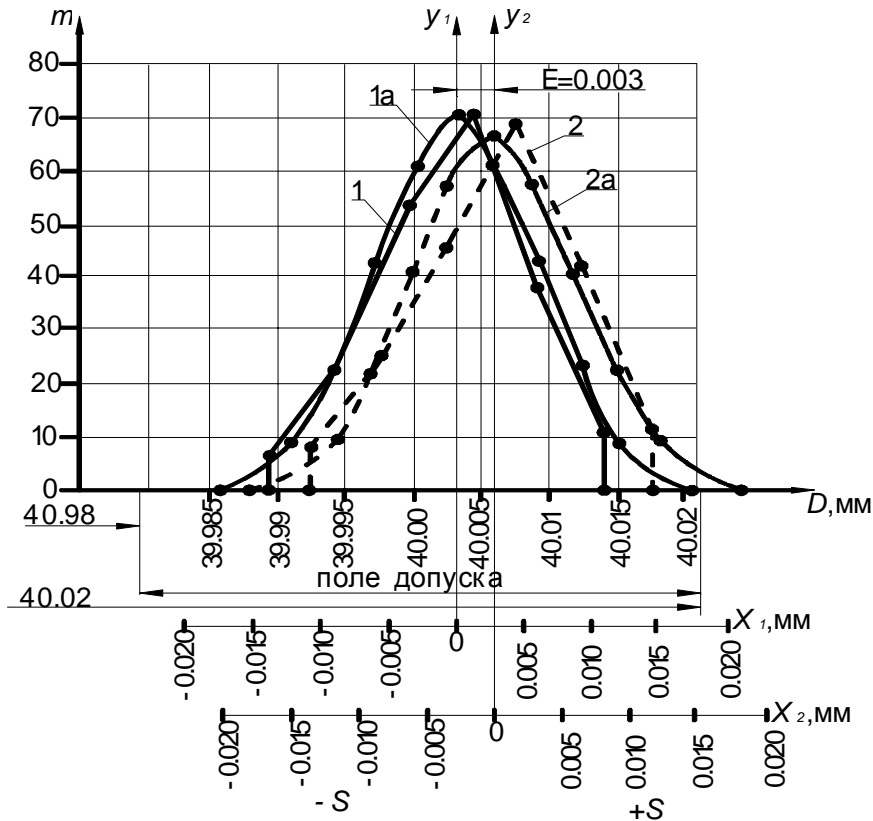


Рис. 2. Полигоны распределения (1, 2) и кривые нормального распределения (1,а и 2,а).
 1, 1,а – после шлифования; 2, 2,а – после обкатывания
 Fig. 2. Ranges of distribution (1, 2) and curves a normalth of distribution (1a, 2a,)
 1, 1a – after grinding; 2, 2a, – after rolling

Таблица 2 Координаты для построения кривых распределения
 Table 2. Coordinates for plotting distribution

X	-3 S	-2 S	-1,5S	-S	-0,5S	0	0 S	1 S	2 S	3 S
Y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	0	0,05 S	0,13 S	0,2 S	0,35 S	0,4 S	0,3 S	0,2 S	0,1 S	0,05 S
Y(1 a)	0	9	23	42	61	77	89	97	100	100
Y(2 a)	0	9	22	40	58	76	88	96	100	100

Как уже указывалось выше, для оценки параметров распределения размеров диаметров валов был принят закон нормального распределения.

В первом приближении качественная оценка степени соответствия эмпирического распределения закону нор-

мального распределения была произведена визуально, совмещенные кривые эмпирического и теоретического распределения (рис.2).

Для более объективной оценки степени соответствия эмпирического распределения закону нормального распределения используются критерии согласия. Для этой цели воспользуемся критерием согласия χ^2 - Пирсона, как наиболее часто употребляемым критерием для проверки гипотезы о законе распределения:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^e \frac{(m_i - np_i)^2}{np_i}, \quad (4)$$

где: m_i - эмпирическая частота каждого интервала;
 e - число интервалов;

$n = \sum m_i$ - число всех результатов измерений;

p_i - вероятность попадания размера в данный интервал при нормальном законе распределения:

$$p_i = F\left(\frac{D_{i-1} - D_{cp}}{S}\right) - F\left(\frac{D_i - D_{cp}}{S}\right), \quad (5)$$

где F - интеграл вероятностей [10-13];
 D_{cp} - среднее арифметическое результатов измерения;

S - эмпирическое значение среднего квадратичного отклонения;

D_{i-1} и D_i - граничные значения интегралов.

После подсчета λ^2 - критерия следует произвести его сравнение с величиной критического значения $\lambda^2 p$; f [14-16] при некоторой доверительной вероятности p и числе степеней свободы $f = e-3$.

Примем доверительную вероятность $p = 0,05$, число степеней свободы $f = 6-3 = 3$. Критическое значение $\chi^2_{0,05} = 7,8$ [17].

Таким образом, нет оснований сомневаться в справедливости принятой гипотезы о законе нормального распределения результатов измерения валов как после шлифования, так и после обкатывания, что подтверждается данными работы [18-22].

ВЫВОДЫ

1. Рассеивание погрешностей при обкатывании валов устройством со стабилизацией рабочего усилия обкатывания хорошо описывается законом нормального распределения.

2. Обкатывание устройством со стабилизацией рабочего усилия может быть использовано как способ окончательной размерной обработки.

3. Если допуск обрабатываемой поверхности по величине сравним с ожидаемым изменением диаметра или меньше его, деталь должна быть подготовлена под обкатывания с требуемым допуском, но с изменением на величину усадки номинальным размером увеличенным для валов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Браславский В.М. 1975. Технология обкатки крупных деталей роликами / В.М. Браславский. 2-е изд. - М.: Машиностроение, - 160.
2. Бугаков Б.И. 1984. Усовершенствование процесса чистового обкатывания деталей роликами / Б.И. Бугаков. Вестник машиностроения. - № 7. - 50 - 53.
3. Бабей Ю.И. 1995. Поверхностное упрочнение металлов / Ю.И. Бабей, Б.И. Бугаков, В.Г. Сысоев] - К.: Наукова думка, - 256.
4. Азаревич Г.М. 1963. Чистовая обработка цилиндрических поверхностей пластическим деформированием / [Г.М. Азаревич Г.Ш. Берштейн] - М.: ОНТИ НИИ Тракторсельхозмаша, - 43.
5. Браславский В.М. 1989. Обкатка деталей роликами как средство повышения износостойкости / [В.М. Браславский, В.В. Топычканов]. Пр-во крупных машин, НИИТЯЖМАШ Уралмашзвода, - Вып. XIX. - 136 - 144.
6. Браславский В.М. 1975. Технология обкатки крупных деталей роликами / - М.: Машиностроение, - 160.
7. Браславский В.М. 1985. Повышение износостойкости винтовых пар обкатыванием роликами / [В.М. Браславский, Б.И. Бугаков, Ю.Я. Шилков]. Технология, организация и механизация механосборочного производства. - М.: НИИформТЯЖМАШ, - 15 - 17.
8. Бугаков Б.И. Усовершенствование процесса чистового обкатывания деталей роликами / Б.И. Бугаков. Вестн. машиностроения. - 1984. - № 7. - С. 50-53.
9. Иванов В.В. 1980. Износостойкость стальных деталей, упрочненных обкаткой роликом / В.В. Иванов. Тр. ЦНИИТМАШ, кн. 2. - М., - 67-75.
10. Кашеев В.Н. 1985. Предварительный наклеп и абразивное разрушение металлической поверхности / В.Н. Кашеев Сельхозмашина. - № 1.- 20-26.
11. Крагельский И.В. 1985. Основы расчетов на трение и износ / [И.В. Крагельский, М.Н. Добычин, В.С. Комбалов] - М.: Машиностроение, - 526.
12. Кудрявцев И.В. 1984. Новые способы поверхностного пластического деформирования / [И.В. Кудрявцев, Р.Е. Грудская]. Машиностроитель, № 7, 28-29.
13. Марков А.И. 1980. Ультразвуковая обработка материалов / А.И. Марков - М.: Машиностроение, - 238.

14. Фридман Я.Б. 1987. Механические свойства металлов / Я.Б. Фридман — М.: Оборонгиз, — 556.
15. Одинцов Л. Г. 1981. Финишная обработка деталей алмазным выглаживанием и вибро-выглаживанием / Л. Г. Одинцов – М.: Машиностроение, – 160.
16. Папшев Д.Д. 1983. Отделочно-упрочняющая обработка поверхностным пластическим деформированием / Д.Д. Папшев – М.: Машиностроение, – 152.
17. Рыжов Э.В. 1979. Технологическое обеспечение эксплуатационных свойств деталей машин / [Э.В. Рыжов, А.Г. Суслов, В.П. Федоров] - М.: Машиностроение, — 176.
18. Степнов М.Н. 1980. Статистическая обработка результатов механических испытаний / М. Н. Степнов – М.: Машиностроение, – 232.
19. Хруцов М.М. 1984. Экспериментальные основы теории абразивного изнашивания / [М.М. Хруцов, М.А. Бабичев] Вести, машиностроения. — № 6. — 56 — 62.
20. Школьник Л.М., Шахов В.И. 1964. Технология и приспособления для упрочнения и отделки деталей накатыванием. – М.: Машиностроение. – 184.
21. Aleksey Popov Новая теория контактной прочности упруго сжатых тел / Motrol, Motoryzacja I energetyka rolnictwa. – Lublin 2010. - Tom12A. 223 – 232.
22. Holoptsev A. W. Особенности применения множественно-регрессионных моделей динамики активности Sr-90 в ташлыкском водохранилищном водоеме Южноукраинской АЭС при ее прогнозировании / Zhebet L.S. // Motrol, Motoryzacja I energetyka rolnictwa. – Lublin 2011. – Tom13. 137 – 149.

**INVESTIGATION MADE
GROSS ROLLING
PROCESSING DEVICES SB
STABILIZE A WORKING
STRONG ROLLING**

Abstract. Conducted the study accuracy razmerov Valov ambassadors obkатыvaniya details rollers up your device co stabilize a working usylyya rolling. As a result of research podtverdylos that after rolling precision parts not vyhodyt predel for admission.

Key words: rolling rollers, the law of apportionment, deformation, the quality of data processing, field access.

СТРАТЕГИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БИОСЫРЬЯ

Валерий Гавриш, Владимир Пилип

Николаевский государственный аграрный университет
г. Николаев, ул. Крылова 17а

Аннотация. В статье рассмотрены экономическое исследование для определения эффективности переработки сельскохозяйственной продукции для производства та экспорту биодизельного топлива. Стратегия производства и экспорта дизельного биотоплива является перспективным направлением.

Ключевые слова: биоэтанол, биодизель, дизельное топливо, рапс, экономическая эффективность, рентабельность, себестоимость

ВВЕДЕНИЕ

Правительство, Президент и Верховная Рада Украины разработали ряд законов, указов и программ, направленных на стимулирование выпуска топлив растительного происхождения, в первую очередь биоэтилового и метилового эфира рапсового масла (дизельное биотопливо). Эти документы нацеливают сельскохозяйственных производителей на увеличение объемов выращивания сельскохозяйственных культур, используемых в качестве сырья для производства биотоплива. Более того, они создают экономические стимулы для его производства и расширенного применения. Однако встает вопрос насколько целесообразно внедрять данные проекты с учетом экономической эффективности в современных условиях.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Существуют два противоположных мнения относительно целесообразности производства биотоплива в Украине. Например, И.Г. Кириленко отмечает следующих преимуществах этого пути: улучшится экономическая ситуация; Украина получит возобновляемый источник энергии; энергетическая независимость; действующая поддержка аграрного сектора экономики [1]. В этом направлении идут страны ЕС и США [2].

Оппоненты этого пути приводят следующую аргументацию. В современных экономических условиях сельскохозйственного производства более выгодно реализовывать сырье для производства биотоплива, в том числе и за границу, чем его производить, а на полученные средства покупать моторные топлива. Что касается вопроса экологической чистоты, то некоторые отечественные специалисты считают его не актуальным [3].

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью исследования является экономическое моделирование для определения эффективности переработки сельскохозяйственной продукции на биотопливо отечественными товаропроизводителями.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Для обоснования целесообразности переработки биосырья на биотопливо необходимо выполнить экономическое моделирование. При этом необходимо учесть ряд факторов, в том числе и побочные продукты производства, теплоту сгорания топлива растительного происхождения, эффективность использования биотоплива в двигателях сельскохозяйственной техники и т.д. [4]. Однако недостаточная изученность эффективности производства биотоплива, ее актуальность и практическая

значимость требуют дальнейшей проработки.

В настоящее время возможно использование двух видов топлива растительного происхождения в сельскохозяйственном производстве: БИО-100 - для техники с бензиновыми двигателями и метилового эфира рапсового масла (МЭРМ) или дизельное биотопливо для техники с дизельными двигателями. Аграрный сектор экономики Украины в основном потребляет дизельное топливо (примерно 70 % от общего количества), поэтому рассмотрим эффективность переработки рапса на метиловый эфир рапсового масла.

В Украине возможны три варианта стратегии по производству и потреблению дизельного биотоплива сельскохозяйственными предприятиями:

1) производство и реализация на рыночных условиях растительного сырья для производства биотоплива и закупка за полученные средства нефтепродуктов;

2) производство и потребление биотоплива хозяйством;

3) производство и экспорт биотоплива.

Реализация первой стратегии не требует существенных дополнительных инвестиций и законодательного регулирования. По мнению академика П.Т. Саблука, реализация аграрного потенциала дает возможность за счет экспорта удовлетворить потребности в энергетических ресурсах не только аграрного сектора экономики, но и государства в целом [5].

Для выбора оптимальной стратегии, необходимо сравнить их экономическую эффективность, а именно рентабельность выращивания растительного сырья или производства биотоплива. При этом необходимо учитывать не только стоимость топлива, но сопутствующих продуктов и эффективность работы техники на биотопливе. Далее будем рассматривать влияние выбора на рентабельность производства. Продажа урожая по рыночным ценам дает доход (D):

$$D = C_p \cdot M_p, \quad (1)$$

где: C_p – цена продукции растениеводства, грн/т;

M_p – валовый сбор урожая, т.

На полученную сумму можно приобрести моторное топливо в количестве (V_m):

$$V_m = \frac{D}{C_m}, \quad (2)$$

где: C_m – цена топлива, грн/л.

При этом рентабельность производства составит (P):

$$P = \frac{D - C}{C}, \quad (3)$$

где: C – себестоимость продукции, грн/т.

Анализ производства семян показывает, что даже использование технологии среднего уровня при благоприятных погодных условиях позволяет достичь рентабельности производства, не менее 50 %.

Из этого количества растительного сырья можно произвести биотопливо - метиловый эфир рапсового масла. В процессе производства основной продукции получают дополнительные продукты, которые можно реализовать на рынке. Это шрот и глицериновая масса. Тогда стоимость полученного топлива (ОП) равна:

$$ВП = C_p \cdot M_p - \sum_{i=1}^n (M_{ni} \cdot C_i) + M_p \cdot (BЗ + X), \quad (4)$$

где: M_{ni} – масса i -ого дополнительного продукта, кг

C_i – цена i -ого дополнительного продукта, грн/кг,

n – количество дополнительных продуктов,

$BЗ$ – производственные затраты, грн/кг,

X – стоимость химических реактивов, грн/кг.

Количество полученного топлива ($M_{\text{от}}$)

составляет:

$$M_{\text{от}} = \varphi \cdot M_p, \quad (5)$$

где: φ – выход биотоплива;

или

$$V_{\text{бм}} = \frac{M_{\text{бм}}}{\rho_{\text{бм}}} = \frac{\varphi \cdot M_p}{\rho_{\text{бм}}}, \quad (6)$$

где: $\rho_{\text{бм}}$ – плотность биотоплива, т/м³.

Себестоимость биотоплива ($C_{\text{бм}}$) составит:

$$C_{\text{бм}} = \frac{ВП}{1000 \cdot V_{\text{бм}}} = \frac{ВП \cdot \rho_{\text{бм}}}{1000 \cdot M_p \cdot \varphi}. \quad (7)$$

Реализация стратегии может обеспечить рентабельность производства ($P\text{б}$) на уровне:

$$P\text{б} = \frac{\varphi \cdot M_p \cdot C_n \cdot \frac{Q_{\text{бм}}}{Q_n} \cdot \frac{\eta}{\rho_n} + \sum_{i=1}^n (M_{n_i} \cdot C_{i_i}) - C\text{б}}{C\text{б}}, \quad (8)$$

где: $C\text{б}$ – себестоимость производства продукции, грн/т.;

C_n – цена нефтяного топлива, грн/л,

$Q_{\text{бм}}$ та Q_n – низшая теплота сгорания соответственно биотоплива и нефтяного топлива, МДж/кг,

ρ_n – плотность нефтяного топлива, грн/л,

η – коэффициент, учитывающий эффективность использования биотоплива.

При определении величины себестоимости продукции ($C\text{б}$) необходимо учитывать как стоимость семян, так и затраты на их переработку, стоимость химических реактивов и т.д. Ее можно определить по формуле:

$$C\text{б} = M_p \cdot (C_p + X + B3). \quad (9)$$

Если $P\text{б}/P > 1$, то выгодно соблюдать вторую стратегию. Если ж $P\text{б}/P < 1$, то выгоднее реализовывать первую стратегию.

На эффективность производства биотоплива существенно влияет налоговая система государства. Она может стимулировать производство или в фермерских кооперативах, или в крупных специализированных предприятиях. В Украине по состоянию 29.03.07 года ставка акциза на дизельное топливо зависит от содержания серы и составляет, EUR/т [6]: содержание серы до 0,005% – 20, содержание серы до 0,035% – 30, содержание серы до 0,2%

– 35; содержание серы свыше 0,2% – 45. Указанные ставки одного уровня с аналогичным налогом в США (USD64/м³) [7].

В современных экономических условиях Украина, производство дизельного биотоплива осуществляется либо хозяйствами-производителями сырья, или в их ассоциациях. Примерами могут служить ООО «Золотая Нива», ООО МТС «Ятрань» и другие.

Авторами были выполнены расчеты для предприятия, которое производит дизельное биотопливо из собственного сырья (семян), которой в достаточном количестве. Отношение рентабельности производства меро к рентабельности производства семян ($C\text{б}/P$) приведены на рис. 1. Как видно из графических зависимостей, при современном уровне цен использовать вторую стратегию целесообразно, если рыночная цена рапса будет не выше 260 грн./т, или цена дизельного топлива значительно превысит 10,00 грн./л.

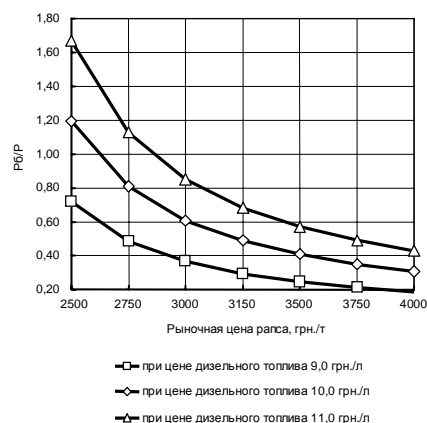


Рис. 1. Отношение рентабельности производства дизельного биотоплива $C\text{б}$ к рентабельности выращивания рапса P

Fig. 1. The ratio of profitability of biodiesel to the profitability rapeseed

Для определения предельного уровня рентабельности производства дизельного биотоплива необходимо рассчитать его максимальную прием-

лемую цену. Для этого будем исходить из того, что стоимость энергии (СЭ) МЭРМ не должна превышать аналогичный показатель для дизельного топлива нефтяного происхождения. Далее будем применять индекс «б» для величин, относящихся к биотопливу и «н» - к топливам нефтяного происхождения. Вышеупомянутое условие имеет следующий математический запис: $BEб < BEн$.

$$BEб < BEн. \quad (10)$$

Стоимость энергии можно определить с помощью формул:

$$BEн = \frac{Цн}{Qн \cdot \rhoн}, \quad (11)$$

и

$$BEб = \frac{Цб}{Qб \cdot \rhoб}. \quad (12)$$

Тогда цена биотоплива не должно превышать значения:

$$Цб < Цн \cdot \frac{Qб \cdot \rhoб}{Qн \cdot \rhoн}. \quad (13)$$

По ценам, которые сложились на май 2012 года, для обеспечения экономической привлекательности МЭРМ, его цена не должна превышать 2,20 грн/л. Анализ производства семян показывает, что даже использование технологии среднего уровня позволяет достичь себестоимость 2000 грн/т [8]. Рентабельность производства дизельного биотоплива, при данных условиях, может достичь 29 %. Это существенно меньше аналогичного показателя выращивания и реализации семян.

Поэтому маловероятно, что сельскохозяйственные предприятия, без дополнительных экономических стимулов, будут выбирать вторую стратегию. Как показывает отечественный опыт, данным путем идут только энтузиасты возобновляемых источников энергии.

Рассмотрим уровень рентабельности предприятия по производству дизельного биотоплива если оно не имеет собственной сырьевой базы и вынуждены покупать семена рапса по рыночным ценам (третья стратегия). Результаты расчетов приведены на рис. 2. Как видно из графических зависимостей, в

современных экономических условиях Украина, это производство не может быть прибыльным. По ценам мая 2012 себестоимость МЭРМ составит примерно 13,00 грн/л. При такой стоимости дизельное биотопливо может использоваться лишь как присадка к дизельному топливу с малым содержанием серы для улучшения смазывающих свойств в количестве до 5 %.

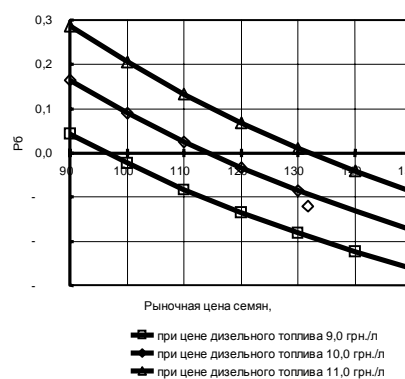


Рис. 2. Зависимость рентабельности производства дизельного биотоплива $Sб$ от рыночной цены рапса

Fig. 2. The dependence of the profitability of production properties of biodiesel on the market price of rapeseed

Динамика цен на дизельное топливо в Украине за последние два года приведена на рис.3. Как видно, дизельное биотопливо не может конкурировать с традиционным дизельным топливом, если использовать рапс, приобретенный на рыночных условиях.

Для выявления путей снижения себестоимости МЭРМ рассмотрим структуру расходов на его производство (рис. 4). Примерно 80% всех расходов составляет стоимость семян. Поэтому именно здесь заложены резервы по уменьшению себестоимости биотоплива. Решить это можно путем государственного регулирования: 1) введением квот на экспорт этой продукции (это приведет к уменьшению цен на внутреннем рынке) 2) датирующая производителей сельскохозяйственной продукции; 3) применение экономических регуляторов, например, налогового кредита на биотоплива.

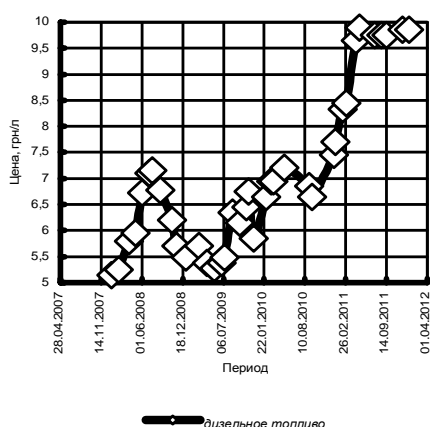


Рис. 3. Динамика цен на дизельное топливо в Украине

Fig. 3. Changes in prices for diesel fuel in Ukraine

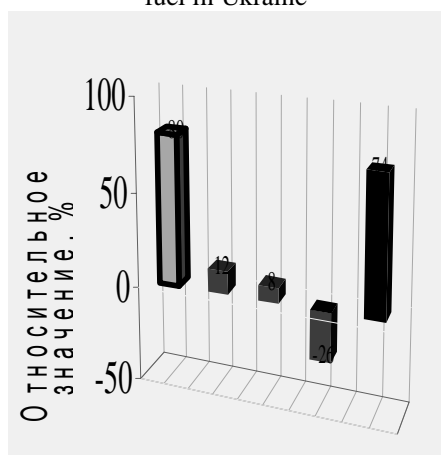


Рис. 4. Структура затрат при производстве дизельного биотоплива

Fig. 4. The cost structure in the production of biodiesel

Существенно влияют на стоимость биотоплива стоимость растительного сырья, которая зависит от урожайности сельскохозяйственных культур, выбора вида культуры, технологии их переработки и дотаций сельхозпроизводителям. Так, производство этанола в США открыло производителям кукурузы новый рынок сбыта и дало им возможность получать высокую прибыль. Это, в свою очередь, привело к подъему в области сельского хозяйства, что позволило сократить расходы на про-

граммы по поддержке фермеров, которые финансируются за счет налогов. По данным ассоциации производителей зерновых, прямой и косвенный вклад производства этанола в экономику США составляет более 6 млрд USD в год путем поддержки смежных отраслей [13]. При этом дотации фермерским хозяйствам, которые производят кукурузу не превышают 1,5 млрд USD в год.

Аналогичная ситуация и в странах ЕС, где производители сельскохозяйственной продукции получают существенные государственные дотации, что уменьшает стоимость растительного сырья. Большие резервы в снижении биотоплива лежат в организации процесса производства. Так, процесс производства этилового спирта в США проводится в кооперативах, насчитывающих до 1000 акционеров, большинство которых - фермеры. Таким образом, производство топлива происходит в вертикально интегрированных компаниях, что позволяет снизить затраты на закупку сырья, реализации продукции и налоги. В процессе производства основной продукции этилового спирта, могут выпускаться и ряд других продуктов: кукурузное масло, двуокись углерода, подсластители, глютенная корм и сухой «Distillers Dried Grains». Эти побочные продукты зачастую приносят значительные доходы и позволяют уменьшить на 15...20 % расходы на производство этанола. Расходы на его производство зависят и от масштабов производства (на заводах с производительностью 12...15 м³/час расходы вдвое меньше по сравнению с теми, где производительность составляет 6...8 м³/час) [12]. Существенно снижает себестоимость продукции и применения в качестве топлива отходов биомассы, вместо более дорогого природного газа [13]. При производстве биодизеля из рапса или другого сырья также необходимо учитывать прибыль от реализации побочных продуктов, а именно: шрота (около 2/3 массы семян) глицерина (около 200 кг на одну тонну био-

дизеля) и удобрений. Так, в ФРГ себестоимость биодизеля составляет около 718,46 EUR / т при стоимости растительного сырья (3 тонны семян) 696 EUR и стоимости всех составляющих производственного процесса 269,94 EUR. То есть, без реализации побочных продуктов, в первую очередь шрота, себестоимость биодизеля достигло бы 965,9 EUR/т. Структура затрат данного производства приведена на рис. 5 [10].

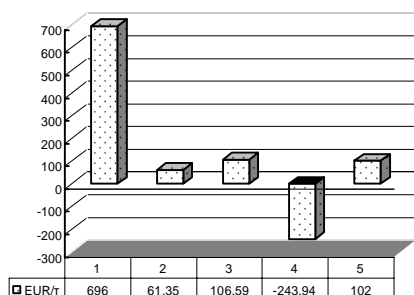


Рис. 5. Состав себестоимости 1 тонны биодизеля в ФРГ: 1 - стоимость семян, 2 - транспортные расходы 3 - затраты на производство масла, 4 - стоимость шрота, стоимость процесса этерификации

Fig. 5. The composition of the cost of 1 ton of biodiesel in Germany: 1 – the cost of seed, 2 – shipping costs, 3 – the cost of producing oil, 4 – the cost of meal, the cost of the process of etherification

Для уменьшения себестоимости дизельного биотоплива следует больше уделять внимание подсолнечнику, рыночная цена которого существенно меньше, чем у рапса (рис. 6) [9].

Реализация третьего стратегии предусматривает экспорт дизельного биотоплива в страны ЕС. Это может быть экономически целесообразно по следующим соображениям. Себестоимость производства МЭРМ, по цене семян рапса 3500 грн/т составляет примерно EUR (500 ... 550)/м³. Это меньше чем в странах ЕС, где себестоимость этого вида топлива достигает EUR700/м³ [10, 11].

Современный уровень внутренних цен на дизельное топливо, семена рап-

са и существующая налоговая система не стимулируют крупномасштабное производство дизельного биотоплива. Поэтому целесообразно использовать первую стратегию, что и наблюдается в Украине.

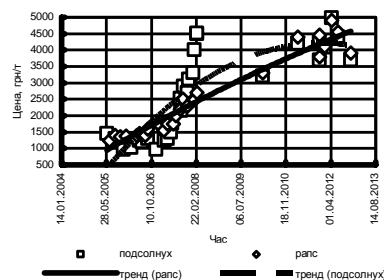


Рис. 6. Внутренние цены подсолнечника по маркетинговым годам (MP)
Fig. 6. Domestic prices of sunflower in marketing year (MR)

ВЫВОДЫ

Перспективным направлением является стратегия производства и экспорта дизельного биотоплива. Ее реализация позволит создать собственную инфраструктуру производства биотоплива; существенно увеличить товарооборот в области масличных культур и дает возможность использовать биотопливо на внутреннем рынке в случае создания благоприятных экономических условий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Квітка Г. 2007. Техніку переведуть на екологічне пальне // Пропозиція. – №1. – 8-10.
2. Кириленко І.Г. 2006. Виробництво альтернативного пального як відповідь на сучасні виклики глобалізації // Економіка АПК. – №11. – 9-12.
3. 2004. Біодизель в Україні: мана чи реальність? // Пропозиція. – №2. – 12-13.
4. Масло І.П. 2004. Еколого-економічне обґрунтування використання та виробництва моторного палива на основі ріпакової олії для виробників сільськогосподарської продукції / І.П. Масло, М.І. Вільовка, М.В. Калінчик,

П.С. Вишнівський // Економіка АПК. – №11. – 30-33.

5. Саблук П.Т. 2001. Нова економічна парадигма формування стратегії продовольчої безпеки України в XXI столітті. Доп. на Третій Всеукраїнських зборах (конгресі) вчених економістів-аграрників. 29-30 березня 2001 р. – К.:ІАЕ УААН, – 19.

6. 2007. Постановление КМУ от 21.03.07 г. №545 «Некоторые вопросы осуществления учета, хранения и реализации дизельного топлива в зависимости от содержания массовой доли серы» // Баланс. – №15. – 13-15.

7. Federal Tax Rates on Motor Fuels and Lubricating Oil, 2006. Federal Highway Trust Fund.

8. Листопад В. 2006. Україна: рапсовий бум – 2006 // Олійно-жировий комплекс. – №3(14). – 31-36.

9. 2006. Подсолнечник: итоги 2005/2006 МГ // Олійно-жировий комплекс. – №3(14). – 23-27.

10. Jevic P. 2004. Production, marketing, quality control and competitive strength of rapeseed oil methyl esters in the Check Republic/ P. Jevic, Z. Sediva // Biofuels, methyl esters and blended fuels. – Proceedings of scientific and professional papers. – Techagro 2004. – Brno. – 80-97.

11. Рижов О. 2007. «Біодизель» - слово з Європейського словника // Пропозиція. – №3. – 8-10.

12. Дубровін В.О. 2004. Біопалива (Технології, машини і обладнання) / В.О. Дубровін, М.О. Корчемний, І.П. Масло, О. Шептицький, А. Рожковський, З. Пасторе, А. Гжибек, П. Євич, Т. Амон, В.В. Криворучко. К.: ЦТІ «Енергетика і електрифікація» – 256.

13. Сезан Ж. 2000. Этанол - топливо для экономики/ Here. – №12. – 5-10.

14. Koerbitz W. April 2004. Development of biodiesel production in the world and Austria. Best case biodiesel production plants in Europe // Biofuels, methyl esters and blended fuels. – Proceedings of scientific and professional papers. – Techagro 2004. – Brno. – 17-44.

15. Weissman J.C. and Goebel R.P. (1987) Design and Analysis of Pond Systems for the Purpose of Producing Fuels, Final Report, Solar Energy Res. Inst., Golden CO, SERI/STR-231-2840.

16. Штефанько І. 1999. Стан і перспективи виробництва рослинного па-

лива для дизельних двигунів у Європейських країнах // Пропозиція. – №5. – 54.

17. Череднеченко О. 2010. Критерии выбора состава установки мобильного энергокомплекса / О. Череднеченко // MOTROL. – 12а. – 7-14.

18. Рошковски Анжей. 2004. Использование биокomпонентов- состояния и перспектива // Науковий вісник національного аграрного університету. – К.:НАУ, – Випуск 73. Частина 1. – 148-158.

19. Євич П. 2004. Приклад вирішення питань виробництва біодизельного палива в Чеській Республіці / П. Євич, З. Шедива // Науковий вісник національного аграрного університету. – К.:НАУ – Випуск 73. Частина 1. – 213-221.

20. Древе В. 2003. Виробництво ріпаку - перспективи і реальність / В. Древе, О. Мельник // Пропозиція – №11. – 54-55.

21. Гавриш В.І. 2005. Оцінка ефективності застосування альтернативних видів палива в агробізнесі України / В.І. Гавриш, О.В. Бондаренко, О.Р. Полішкевич // Економіка: проблеми теорії та практика. Збірник наукових праць. Випуск 209: В 4 т. Том III. – Дніпропетровськ: ДНАУ, – 669-673.

22. Полішкевич О. Перспективи розвитку та підвищення ефективності виробництва / О. Полішкевич // MOTROL. – 12а. – 7-14.

STRATEGY OF ENERGY RAW MATERIAL USE

Abstract. The article deals with the economic study to determine the efficiency of processing of agricultural products for export is the biodiesel. The strategy of production and export of biodiesel is a promising direction.

Key words: bioethanol, biodiesel, diesel fuel, rapeseed, economic efficiency, profitability, cost

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОБКАТЫВАНИЯ СТАЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ КОНТАКТНОЙ ПРОЧНОСТИ.

Борис Бутаков, Дмитрий Марченко

Николаевский государственный аграрный университет
54029 Украина, г. Николаев, ул. Парижской комунны 9

Аннотация. Описана методика экспериментальных исследований технологического процесса обкатывания канатных блоков с помощью устройства с клиновым роликом. Приведены результаты экспериментальных исследований, в ходе чего, методом кругого восхождения, выяснены оптимальные конструкторско-кинематические параметры устройства.

Ключевые слова: обкатывание роликами, контактная прочность, планирование эксперимента, канатные блоки, устройство с клиновым роликом.

ВВЕДЕНИЕ

Создание способов и технологий, которые могут быть применены для упрочнения и повышения износостойкости, контактной прочности деталей путем поверхностной пластической деформации, является актуальным [1, 2]. Результаты научно-исследовательской работы по экспериментальным исследованиям влияния обкатывания роликами на долговечность стальных деталей, работающих при контактом смятии, проверены в производственных условиях при работе канатных блоков со стальными канатами [3 – 6].

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для проведения исследований технологического процесса поверхностного упрочнения канатных блоков с помощью обкатывания роликов использовали экспериментальное устройство (рис. 1), которое содержит роликовый узел и рычажный силовой пружинный механизм поджатия ролика к детали, смонтированный в корпусе устройства [7]. Ролик устройства для обкатывания выполнен клинообразной формы с выпуклой образующей рабочего профиля, что позволяет одновременно обкатывать как конические, так и тороидальную поверхности

канатного блока и облегчает технологию чистового и упрочняющего обкатывания [8 – 10].

При обкатывании конической поверхности ручья канатного блока клиновым роликом с постоянной кривизной поверхности торцев ролика приведенная кривизна контакта ролика с деталью в плоскости подачи имеет значительно большие величины, чем при обкатывании круговой впадины, на конической поверхности средний угол φ вдавливания ролика значительно превысит 5° и следовательно, будет иметь место перенаклеп поверхности, появится недопустимая волнистость на обработанной поверхности [11]. Поэтому рабочая поверхность клинового ролика сделана с переменной кривизной.



Рис. 1. Экспериментальное устройство для обкатывания канатных блоков клиновым роликом

Fig. 1. The experimental device for an obkatyvaniye of rope sheaves a maple roller

Рычажный силовой пружинный механизм установлен с клиновым роликом на подшипниках качения. При установке подшипников скольжения в процессе обкатывания возникнет неравномерная деформация конической поверхности ручья канатного блока, и значительные силы трения скольжения, возникающие на поверхностях оси и боковых стенок рычага во время поворота последнего вокруг своей оси за счет биения профиля клинового ролика, будут то вычитаться из силы пружины, то складываться с ней, в зависимости от направления перемещения роликового узла. Как показали исследования, колебание усилия обкатывания составляют в этом случае до 45 % [12], что и приведет к появлению волнистости на боковых конических поверхностях ручья канатного блока.

Процесс обкатывания с помощью устройства с клиновым роликом осуществлялся на универсальном токарно-винторезном станке 1К65 (рис. 2). Регулирование таких параметров, как скорость обкатывания и число оборотов блока контролировалось на станке при соответствующей его настройке. Угол наклона профиля ручья и отклонения его формы от прямолинейной измерялись с помощью индикатора. Для исследования влияния обкатывания на качество поверхности и на степень упрочнения изготавливались клиновые ролики с переменным профильным радиусом его торцев.

Процесс обкатывания клиновым роликом канатных блоков на экспериментальном оборудовании снимали видеокамерой (Panasonic SDR – S26) с последующим кадрочным изучением.

Канатный блок 2 (рис. 2) устанавливали отверстием в центр патрона станка и поджимали центром 3 задней бабки 4 универсального токарно-винторезного станка. Устройство 1 кронштейном закрепляли в резцедержателе суппорта станка. Перемещением суппорта станка ролик вводили в ручей канатного блока так, чтобы он своей узкой частью рабочего профиля

коснулся впадины ручья канатного блока. Усилие на ролике устанавливалось с помощью вращения гайки тяги на тяге устройства для сжатия пружины на необходимую величину (при сжатии пружины на 3,5 мм усилие на ролике составляло 1 кН).

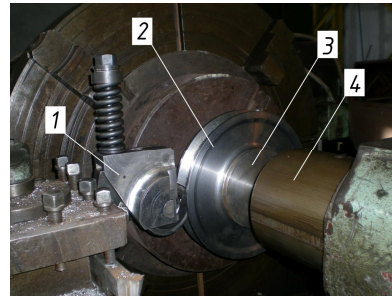


Рис. 2. Общий вид экспериментального оборудования:

- 1 – устройство для обкатывания канатных блоков;
- 2 – канатный блок; 3 – оправка;
- 4 – задняя бабка токарного станка

Fig. 2. General view of the experimental equipment:

- 1 – the device for an obkатыvaniye of rope sheaves;
- 2 – rope sheave; 3 – mandrel; 4 – back grandma of the lathe

Обкатываемую поверхность блока смазывают машинным маслом и включают его вращение со скоростью 40 – 50 м/мин.

В процессе вращения канатного блока за счет сил трения вращается ролик устройства и рабочие торцы ролика оставляют на обкатываемой поверхности детали два синусоидальных следа, которые по мере вращения блока и ролика постепенно смещаются в круговом направлении, пока вся поверхность ручья не окажется продеформированной.

Усилие на ролике колеблется в пределах $\pm 5\%$, так как сила трения в подшипниках качения мала, поскольку коэффициент трения f_k в подшипниках качения не больше 0,008. Этим обеспечивается равномерная деформация поверхностного слоя ручья блока.

Степень наклепа измеряли и определяли после обкатывания с помощью

универсального интегрального динамического твердомера TIME Hardness Tester TH130 (рис. 3), который обеспечивает высокую точность и широкий диапазон измерения, а также может быть подсоединен к ПЕОМ.



Рис. 3. Процесс измерения твердости поверхности профиля канатного блока после обкатывания
Fig. 3. Process of measurement of hardness of a surface of a profile of a rope sheave after an obkattyvaniye

Шероховатость рабочей поверхности до и после обкатывания канатного блока исследовалась двумя методами.

До обкатывания шероховатость поверхности канатного блока была определена с помощью эталонных образцов шероховатости ОШ (ГОСТ 9378 – 93, изготовленных в соответствии с требованиями ГОСТ 2789 – 73). После обкатывания с различными режимами в профиль канатного блока заливалась самотвердеющая пластмасса на основе акриловых смол «ПРОТАКРИЛ – М», таким образом делались реплики [13]. Рабочую поверхность профиля блока в местах снятия реплик обезжировали ацетоном. После высыхания пасты (время полимеризации 25 – 30 мин при температуре 35 – 40 °С) шлифовалась противоположная сторона реплики.

Кроме того шероховатость и волнистость обкатанной поверхности измерялась с помощью профилографа-профилометра типа А1 (ГОСТ 19299 – 73 и ГОСТ 19300 – 73), модель 252 завода «Калибр» (рис. 4), а по профилограммам определялись значения R_a .

Погрешность определения шероховатости поверхности с применением реплик составляет не больше 8 %.

В ходе экспериментальных исследований анализ экспертной оценки («психологический эксперимент») и статистической обработки значений факторов [14 – 19] позволили сделать вывод о наибольшем влиянии на качество выполнения технологического процесса следующих четырех факторов: угол вдавливания ролика; профильный радиус ролика; количество оборотов блока; скорость обкатывания. В результате чего использовался трехуровневый, четырех факторный план Бокса 2-го порядка проведения эксперимента [3].



Рис. 4. Общий вид профилографа-профилометра М – 252
Fig. 4. A general view profilografa-profilometra М – 252

После статистической обработки экспериментальных данных на ПЕОМ (с помощью программ Statistica и Excel) получены математические модели для шероховатости поверхности (ШП) и степени наклепа (СН), которые описывают технологический процесс обкатывания канатных блоков.

Уравнения регрессии имеют вид:

$$\begin{aligned} ШП = & 1922402789X_1 + 02520X_2 - 05837X_3 - 04970X_4 - \\ & - 0014X_1 \cdot X_2 + 0280X_1 \cdot X_3 - 0002X_1 \cdot X_4 - 0154X_2 \cdot X_3 + \\ & + 0257X_2 \cdot X_4 + 0359X_3 \cdot X_4 - 0094X_2^2 - 0522X_3^2 + \\ & + 1405X_3^2 - 1280X_4^2; \end{aligned}$$

$$CH=475008-0,2578X_1-0,7167X_2+0,135X_3+0,1157X_4-0,127X_1 \cdot X_2+0,236X_1 \cdot X_3-0,535X_1 \cdot X_4-0,124X_2 \cdot X_3+0,115X_2 \cdot X_4-1,062X_3 \cdot X_4-0,483X_1^2-0,106X_2^2-0,925X_3^2+0,931X_4^2.$$

В качестве объекта исследования [20 – 22] влияния обкатывания роликами на контактную прочность были приняты канатные блоки, долговечность рабочего профиля которых составляла не больше 3 – 4-х месяцев.

ВЫВОДЫ

В результате проведения экспериментальных исследований с применением метода крутого восхождения определены оптимальные конструкторско-кинематические параметры процесса обкатывания. С помощью планирования эксперимента при оптимизации технологического процесса обкатывания канатного блока клиновым роликом получены следующие оптимальные режимы обработки: профильный радиус ролика (X_1) 15 мм, скорость обкатывания (X_2) 40 – 50 м/мин, оптимальный угол вдавливания ролика (X_3) 5 град, количество оборотов блока (X_4) 160 – 180 об.

Их оптимальное сочетание формирует качество выполнения технологического процесса поверхностного упрочнения стальных деталей обкатыванием роликами со следующими показателями: шероховатость поверхности ($ШП$) – 1...1,9 мкм; степень наклепа (CH) – 46,5...56 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Попов А. 2010. Новая теория контактной прочности упруго сжатых тел / А. Попов // MOTROL. Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture Polish Academy of Sciences Branch of Lublin Ropczyce School of Engineering and Management. — Lublin, — Tom 12A. — 223—232.

2. Попов А. 2011. Контактная прочность зубчатых муфт с продольно модифицированными зубьями / А. Попов, О. Савенков // MOTROL. Commission of

Motorization and Power Industry in Agriculture Polish Academy of Sciences Branch of Lublin Ropczyce School of Engineering and Management. — Lublin, — Tom 13A. — 167—176.

3. Бугаков Б.И. 2010. Оптимизация параметров поверхностного упрочнения обкатыванием роликами канатных блоков с целью повышения их контактной прочности / Б. И. Бугаков, Д. Д. Марченко // Проблемы трибології. — № 3. — 99—107.

4. Б. И. Бугаков. 1984. Усовершенствование процесса чистового обкатывания деталей роликами / Б. И. Бугаков // Вестник машиностроения. — №7. — 50—53.

5. Бугаков Б.И. 2007. Технология обкатывания роликами деталей складной формы / Б.И. Бугаков, Д.Д. Марченко // Вісник аграрної науки Причорномор'я. — Миколаїв. — Вип. 1 (39) — 242—251.

6. Бугаков Б.И. 2008. Разработка способа обкатывания роликами стальных деталей с целью повышения их контактной прочности / Б.И. Бугаков, Д.Д. Марченко // MOTROL. Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture Polish Academy of Sciences Branch of Lublin Ropczyce School of Engineering and Management. — Lublin, — Vol. 10B. — 15—28.

7. Бабей Ю.И. 1995. Поверхностное упрочнение металлов / Ю.И. Бабей, Б.И. Бугаков, В.Г. Сысоев. — К.: Наукова думка. — 256.

8. Бугаков Б.И. 2006. Упрочнение деталей с помощью ППД с целью повышения их контактной прочности и износостойкости / Б.И. Бугаков, С.И. Пастушенко, В.А. Артох, Д.Д. Марченко // Вісник Полтавської державної аграрної академії. — №4. — 28—30.

9. Бугаков Б. И. 2011. Дослідження мікроструктури зразків після поверхневого пластичного деформування / Б. И. Бугаков, Д. Д. Марченко // Матеріали VII-ої Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Перспективна техніка і технології – 2011». — Миколаїв: МДАУ. — 25—33.

10. Бутаков Б.И. 2008. Повышение контактной прочности стальных деталей с помощью поверхностного пластического деформирования / Б.И. Бутаков, Д.Д. Марченко // Проблемы трибологии. — № 1. — 14—23.
11. Бутаков Б. И. 1992. Основные принципы технологии импульсного и малоскоростного воздействия на структуру и свойства металлов и сплавов: дис. на соискание ученой степени доктора техн. наук: 05.02.01 / Бутаков Борис Иванович. — К. — 533.
12. Бутаков Б.И. 2009. Влияние поверхностной пластической деформации на степень упрочнения и диффузию химических элементов в поверхностном слое / Б. И. Бутаков, Д. Д. Марченко // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. Сборник научных трудов. — Харьков : Северо-восточный научный центр. Транспортная академия Украины. — Выпуск 46. — 17—21.
13. Аркулис Г.Э. 1971. Измерения шероховатости поверхности с помощью реплик / Г. Э. Аркулис, М. И. Куприн, В. Д. Голев, А. М. Игонькин // Вестник машиностроения. — № 12. — 48—50.
14. Адлер Ю.П. 1976. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. — М.: Наука — 280.
15. Спиридонов А.А. 1975. Планирование эксперимента. Учебное пособие / А.А. Спиридонов, Н.Г. Васильев. — Свердловск: УПИ им. С.М. Макарова. — 152.
16. Касандикова О.Н. 1976. Обработка результатов наблюдений / О.Н. Касандикова, В.В. Лебедев. — М.: Наука. — 18—22.
17. Степнов М.Н. 1972. Статистическая обработка результатов механических испытаний / Степнов М.Н. — М.: Машиностроение. — 232.
18. Степнов М.Н. 1985. Статистическая обработка результатов механических испытаний. Справочник / Степнов М.Н. — М.: Машиностроение. — 306.
19. Смирнов Н.В. 1969. Курс теории вероятностей и математической статистики / Н.В. Смирнов, И.В. Дунин-Барковский — М.: Наука. — 512.
20. Новик Ф.С. 1980. Оптимизация процессов технологии металлов методом планирования экспериментов / Новик Ф.С. — М.: Машиностроение. — 340.
21. Шенк Х. 1972. Теория инженерного эксперимента / Шенк Х. — М.: Мир. — 259.
22. Веденяпин Г.В. 1973. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / Веденяпин Г.В. — М.: Колос. — 134.

TECHNIQUE AND RESULTS OF
PILOT STUDIES OF
TECHNOLOGICAL PROCESS OF
ROLLING OF STEEL DETAILS FOR
THE PURPOSE OF INCREASE OF
CONTACT DURABILITY.

Abstract. The technique of pilot studies of technological process of an rolling of rope sheaves by means of the device with a maple roller is described. Results of pilot studies during that, the method of an abrupt ascension, found out optimum design and kinematic parameters of the device are given.

Key words: rolling rollers, contact durability, experiment planning, rope sheaves, the device with a maple roller.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

Константин Думенко, Екатерина Шевченко

Николаевский государственный аграрный университет
54030, г. Николаев, ул. Крылова 17 а

Аннотация. В статье приведено теоретическое обобщение и новые способы решения научной проблемы, которая оказывается в разрабатывании научно-технических основ обеспечения надежности зерноуборочных комбайнов путем усовершенствования системы их технического обслуживания. Новое решение поставленной задачи нашло свое экспериментальное дополнение и подтверждение в определении основных параметров потоков отказов и возобновлений стареющей техники.

Ключевые слова: зерноуборочный комбайн, система, техническое обслуживание, надежность, отказ, возобновление, коэффициент готовности, коэффициент возобновления, аварийное повреждение, эксплуатация, простои, потери урожая, гистограмма распределения.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Аграрный сектор занимает ведущее место в народном хозяйстве Украины. На сегодня основу его составляет растениеводство. Учитывая, что оптимальный период сбора урожая не преувеличивает 3-4 недель, на своевременное проведение его необходимо иметь около 120 тысяч зерноуборочных комбайнов, которые разделяются за тремя классами пропускной способности. Комбайны малой мощности должны складывать 15% от общего парка машин. Средний класс 50% и мощнейшие машины 8-12 кг/со складывают 35%.

Однако наличие необходимого количества машин еще не означает решения проблемы своевременного сбора урожая. Их эффективное использование зависит от надежности техники и состояния базы технического обслуживания.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Реальная картина, которая сложилась в стране с зерноуборочными машинами показывает, что механизация работ из сбора зерновых обеспечена на должном уровне лишь на 50%. В эксплуатации находится большое количество комбайнов, которые отработали большую часть

своего ресурса и требуют постоянных работ из поддержки их в работоспособном состоянии. Таким образом, эксплуатационная надежность зерноуборочной техники зависит как от технического состояния машин, так и от состояния ремонтной базы, что ее обслуживает.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью диссертационной работы является обеспечение надежности зерноуборочных комбайнов на основе системного подхода к состоянию техники и разных уровней базы ее технического обслуживания.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Достаточным уровнем надежности за показателем долговечности сложной сельскохозяйственной техники следует считать средний наработка на отказ 140-180 час., что отвечает 3% простоев. Уровень надежности отечественных зерноуборочных комбайнов согласно статистическим данным представляет 11-40 час., что дает 15-35 % простоев.

Выявленные проблемы требуют системного подхода на основе разрешения противоречий между старением существующего зерноуборочного парка комбайнов и сферой их технического обслуживания, которая может потен-

циально изменять свои возможности от деградирования к развитию и мобилизации своих возможностей.

Созданию современной зерноуборочной техники посвящено исследование многих отечественных и зарубежных ученых. Среди них известные работы: Погорелого Л. В., Литвинова О. И., Пустигина М. А., Труханова В.М., Кузнецова С.В., Жалнима Е.В., Изаксона Х.И., Сандлера Д.Г., Сисолина П. В., Козаченка О. В., Недовесова В.И. и других. Существенный вклад в развитие науки о надежности зерноуборочных машин как сложных технических систем сделали Анилович В.Я., Севернев М. М., Бойко А.И. и другие.

Достаточным уровнем надежности за показатель долговечности сложной сельскохозяйственной техники следует считать средний наработка на отказ 140-180 час., что отвечает 3% простоев. Уровень надежности отечественных зерноуборочных комбайнов согласно статистическим данным представляет 11-40 час., что дает 15-35 % простоев.

В целом последовательность оценки и расчета уровня надежности существующих технических систем сводится к таким этапам: фиксация условий эксплуатации и уровня нагрузок системы; введение показателей количественной оценки, которые характеризуют работу системы; разложение сложной системы на отдельные подсистемы и элементы, функционально связанные между собой; складывание функциональных схем систем; определение показателей надежности элементов и подсистем, и выявления вероятности их состояний в произвольный момент времени работы; установление вероятности состояний всей системы в зависимости от состояний отдельных элементов и подсистем; проведение общей оценки показателей надежности всех возможных состояний системы.

Активными факторами поддержки необходимого уровня надежности техники являются эксплуатационно-технические, связанные с периодичностью проведения регламентных работ

из обслуживания и ремонта в случае такой необходимости.

Вторую группу эксплуатационных факторов, обусловленных действием нагрузок, влиянием среды и условиями эксплуатации, напротив, направлено на формирование отказов элементов и систем в целом.

Условно зерноуборочный комбайн может быть структурирован на подсистемы, которые непосредственно участвуют в технологическом процессе сбора урожая: жатка, молотильный аппарат, клавишный соломотряс, грохот, элеваторы, решетное состояние, бункер с выгрузочным устройством. Последовательное соединение подсистем снижает общий уровень надежности комбайна. Кроме того, каждая из подсистем в результате изнашивания, усталости, коррозии, забивание и тому подобное ее элементов, накапливая повреждение, теряет свою работоспособность. Физико-химические процессы могут быть разными, однако, для каждой из подсистем в описании ее поведения характерное старение с постепенным увеличением интенсивности отказов $\lambda(t)$.

Для упрощения формализации аналитического описания поведения систем введено дополнительное фиктивное состояние, которое дает возможность математического решения задания, но усложняет описание системы в результате увеличения количества ее возможных состояний (рис.1).

На основании построенного размеченного графа переходов (рис.1) составлены дифференциальные уравнения динамического баланса для вероятностей состояний системы (системы уравнения Колмогорова):

$$\begin{cases} \frac{d}{dt} P_0(t) = -\lambda_0 P_0(t) + \mu_1 P_1(t); \\ \frac{d}{dt} P_1(t) = -\lambda_1 P_1(t) + \mu_2 P_2(t); \\ \frac{d}{dt} P_2(t) = -\lambda_2 P_2(t) + \mu_3 P_3(t). \end{cases} \quad (1)$$

Важной причиной негативного влияния на показатели надежности зерноуборочной техники следует счи-

тать недостаточный объем и уровень своевременных технических обслуживаний машин.

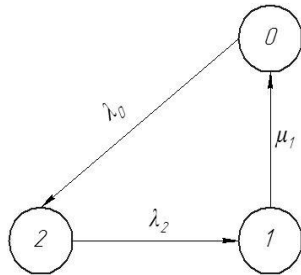


Рис.1. Граф состояний и переходов системы, у которого интенсивность отказов увеличивается (техника стареет), а интенсивность возобновлений постоянна (база технических обслуживаний неизменна): «0» – работоспособное состояние; «1» – неработоспособное состояние (возобновление); «2» – промежуточный (фиктивное состояние); $\lambda_0, \lambda_2, \mu_1$ – соответствующие интенсивности переходов.

Fig. 1. Count of the states and transitions of the system, which intensity of refuses is increased (a technique gets older) at, and intensity of renewals is permanent (the base of technical services unchanging): «0» – capable of working state; «1» – disabled state (renewal); «2» – intermediate (fictitious state);

$\lambda_0, \lambda_2, \mu_1$ – proper intensities of transitions.

Граф переходов для «стареющих» подсистем комбайнов и «стареющих» баз их технического обслуживания представлено на рис. 2.

Процесс постепенного снижения уровня надежности подсистем зерноуборочных комбайнов является природным явлением для значительного периода их эксплуатации. Этот период продлевается в условиях налаживания производства отечественной техники или организации поставок заграничной. Неполное обеспечение хозяйств машинами предопределяет необходимость удлинения срока их эксплуата-

ции уже за пределами установленного ресурса.

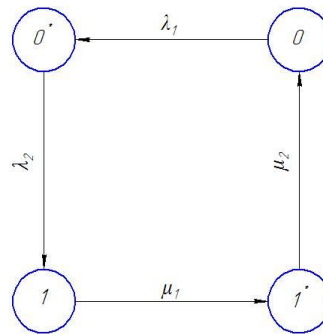


Рис. 2. Граф состояний и переходов стареющих подсистем зерноуборочного комбайна при «стареющих» базах их технического обслуживания:

«0» – работоспособное состояние; «1» – неработоспособное состояние (возобновление); «0'», «1'» – промежуточные (фиктивные) состояния, соответственно работоспособный и неработоспособный.

Fig. 2. Count of the states and transitions of senescent subsystems of combine harvester at the «senescent» bases of their technical service:

«0» – capable of working state; «1» – disabled state (renewal); «0'», «1'» – transient (fictitious) states, accordingly capable of working and disabled

Естественный процесс старения машин по возможности сдерживается сферой технического обслуживания и ремонта техники. В последнее время в связи с постоянным увеличением количества импортированных машин можно наблюдать развитие базы технического обслуживания (сервисных центров) нового поколения. Фирменный сервис, как правило, привносит новые элементы технологий и оборудования для обслуживания машин. В первую очередь это диагностическое оборудование с передовыми технологиями компьютерной обработки результатов измерений. Кроме того, обновление сферы технического обслуживания

зерноуборочных комбайнов связано с более широким внедрением в конструкции машин гидросистем и поводов, элементов своевременного контроля за состоянием подсистем, предупреждения возможных перегрузок, забиваний и аварийных повреждений. Таким образом, с позиций системного анализа надежности зерноуборочных комбайнов в предлагаемом исследовании рассматривается ситуация, когда машины постепенно снижают свой технический уровень, а ремонтная база их технического обслуживания, напротив, повышает свои потенциальные возможности. В итоге как одна, так и вторая подсистемы находятся в условиях переменных интенсивностей протекания событий, которые формируют свои особенные потоки. Размеченный граф состояний и переходов такой системы представлено на рис. 3.

Экспериментальными исследованиями предвидено, в первую очередь дополнения данных теоретического анализа надежности зерноуборочных комбайнов как сложных технических систем, а также получения новых закономерностей динамики изменений отказов и возобновлений в процессе эксплуатации.

Программа исследований содержит такие направления работ:

1. Оценка наработка комбайнов разных возрастных групп в идентичных полевых условиях реальной эксплуатации.

2. Выявление вида и характера повреждений основных подсистем (узлов и агрегатов) комбайнов.

3. Количественная оценка динамики изменения повреждений при постепенном их накоплении и старении техники.

4. Установление закономерностей формирования отказов зерноуборочных машин в процессе их эксплуатации.

5. Выявление распределения обновительных работ за их сложностью и временем выполнения.

б. Оценка λ, μ - характеристик подсистем комбайнов как основных параметров, которые определяют их надежность.

Существует два направления реализации поставленной цели. Первый связан с оптимизацией своевременного проведения регламентных работ из обслуживания машин. Второе направление предусматривает усовершенствование непосредственной базы технического обслуживания с целью сокращения времени простоя техники на проведение работ из возобновления ее работоспособности.

В силу того, что зерноуборочные комбайны имеют сезонный режим эксплуатации и находятся в работе только в относительно небольшие периоды сбора урожая, которые желательно сокращать к минимуму, показателем работоспособного состояния принята функция готовности $K_{zo}(t)$, а неработоспособной функцию возобновления $K_g(t)$.

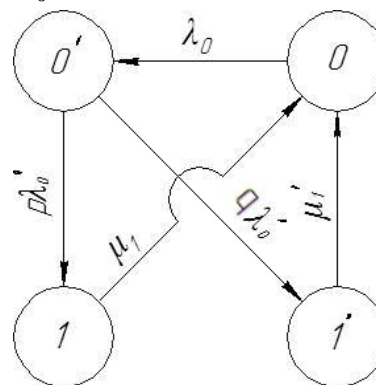


Рис. 3. Граф состояний и переходов для стареющих технических систем и молодёющей базы их технического обслуживания.

Fig.3. Count of the states and transitions for the senescent technical systems and rejuvenescent base of their technical service.

Любая из адаптивных стратегий поддержки или развития базы технического обслуживания приводит к дополнительным экономическим выигрышам

в сфере товаропроизводства зерновых. Наиболее эффективной стратегией, которая приводит к максимальным прибылям есть стратегия усовершенствования базы технического обслуживания.

ВЫВОДЫ

Выявлены доминирующие причины отказов деталей и узлов зерноуборочных комбайнов, которыми является изнашивание и аварийные повреждения в результате перегрузок и попадания в механизмы посторонних предметов.

По результатам исследований разработаны математические модели надежности, которые содержат новые отличия относительно описания переходных процессов для систем: «стареющая техника - неизменная база технического обслуживания»; «стареющая техника - стареющая база технического обслуживания»; «стареющая техника - молодеющая база технического обслуживания», какие дали возможность выявить вид и характер функций готовности возобновления, как основных динамических характеристик надежности указанных систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ломакин С. 2005 : Зерноуборочной комбайн для вашего поля. Взвешиваем все «за» и «против» / Ломакин С. // Аграрный эксперт. — № 1—3.
2. 1998 : Ринок сільськогосподарської техніки України щиро вітає фірму «Кейс» // Сільськогосподарська техніка. — № 5.
3. 2001 : Как поступить, если у Вашего хозяйства появилась возможность обновить сельскохозяйственную технику // Бюллетень информационно-консультационной службы Московской области. — Вып. №3.
4. 2002 : Модернизация зерноуборочного комбайна СК-5 «Нива» / Коваль С., Войтюк Д., Горбатов В., Афанасьев С. // Техника АПК. — № 7—9, 12—15.
5. Думенко К. М. 2007 : Расчет величины зависимого допуска. Классификация деталей по категориям пригодности при независимых и зависимых допусках / К. М. Думенко, Г. О. Иванов, Д. В. Бабенко // Надежность инструмента и оптимизация технологических систем. Сборник научных трудов. - Краматорск. — № 22, 170—177.
6. Думенко К. М. 2008 : Приоритетные направления обеспечения надежности современной сельскохозяйственной техники / К. М. Думенко, А. И. Бойко, О. В. Бондаренко // Таврический научный вестник. — Херсон: Айлант., — Вып. 59, 331—334.
7. Думенко К. М. 2008 : Особенности распространения нелинейных волн при взаимодействии рабочих органов машин с обрабатываемыми неупругими сплошными средами. Часть 1 / К. М. Думенко, В. С. Ловейкин, Ю. В. Човнюк, Ю. О. Ромасевич, Г. О. Иванов // Вестник аграрной науки Причерноморья. — Николаев: МДАУ. — Вып. 4(47), 230—238.
8. Бондаренко О.В. 2010 : Теоретичне обґрунтування механічної технології відокремлення качанів кукурудзи від стебел інерційними силами / О.В. Бондаренко // MOTROL. MOTORYZACJA I ENERGETYKA ROLNICTWA. – LUBLIN – Tom 12 A, 84 – 92.
9. Anatoliy Yakovenko. 2004 : Оптимизация режимов работы тракторных агрегатов / Anatoliy Yakovenko, Leonid Doroshenko, Krzysztof Plizga // MOTROL. MOTORYZACJA I ENERGETYKA ROLNICTWA. – LUBLIN – Tom 6, 269 – 273.
10. Volodymir Bulgakov. 2004 : Проектування сільськогосподарської техніки, її відповідальність міжнародним вимогам якості, стандартизації і сертифікації / Volodymir Bulgakov, Oleksandr Sidorchuk // MOTROL. MOTORYZACJA I ENERGETYKA ROLNICTWA. – LUBLIN – Tom 9 A, 207 – 211.

11. Жалним Э. В. 1998 : Прогнозы развития зерноуборочной техники / Э. В. Жалним // Техника в сел. хозяйстве — №4.

12. Кукса В. 2001 : Комбайни «CLAAS». Технологічні можливості і ефективність використання в умовах України / Кукса В., Гулько О. // Техніка АПК — №10—12, 19—22.

13. Горбатов В. 2006 : Конструктивні особливості зернозбиральних комбайнів 3000-ї серії фінської компанії «SAMPO SERENLEV» / Горбатов В. // Техніка АПК — № 1—2, 12—14.

14. Нечипоренко В. И. 1997 : Структурный анализ систем (эффективности и надежности) / Нечипоренко В. И. // — М. : Советское радио, 211.

15. Труханов В. М. 1995 : Методы обеспечения надежности изделий машиностроения / В. М. Труханов // — М.: Машиностроение, 304.

16. Каштанов В. А. 2002 : Теория надежности сложных систем / В. А. Каштанов, А. И. Медведев. — М. : Издво «Европейский центр по качеству», 469.

17. Липаев В. В. 1998 : Надежность программных средств / В. В. Липаев. — М. : Синтез, 246.

18. Острейковский В. А. 2009 : Теория надежности / В. А. Острейковский. — М. : Высшая школа, 363.

19. Гнеденко Б. В. 1965 : Математические методы в теории надежности / Б. В. Гнеденко, Ю. К. Беляев, А. Д. Соловьев. — М. : Наука, 524.

20. Ермаков А. А. 1999 : Прогнозирование состояний систем / А. А. Ермаков. Иркутск: ИрИИТ, 112.

reliability of combine harvesters by the improvement of the system of their technical service. The new decision of the put task was found by the experimental addition and confirmation in determination of basic parameters of streams of refuses and proceedings in a senescent technique.

Key words: combine harvester, system, technical service, reliability, refuse, renewals, coefficient of readiness, coefficient of renewal, emergency damage, exploitation, outages, losses of harvest, distributing histogram.

DESIGN OF PROCESS OF PROVIDING OF RELIABILITY OF COMBINE HARVESTERS

Abstract. In the article theoretical generalization and new methods is resulted decision of scientific problem which appears in development of scientific and technical bases of providing of

ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ВОДЯНОГО НАСОСУ ДВИГУНА УМЗ - 4216

Микола Гріпачевський, Дмитро Марченко

Миколаївський державний аграрний університет
54029 Україна, г. Миколаїв, вул. Паризької комуни 9

Анотація. Пропонується конструкція водяного насоса, який включає постійний привід насоса і вентилятора залежно від температури двигуна. Це дозволяє прискорити прогрівання двигуна, що призводить до значного зниження зносу двигуна, яке відбувається при пониженій температурі.

Ключові слова: турбінне колесо, насосне колесо, водяний насос, система автоматичного регулювання температурного стану.

ВСТУП

У процесі випробування автомобілів особливу увагу приділяють технічному стану двигунів, моторесурс яких в значній мірі залежить від конструктивних і технологічних факторів.

ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ НАСОСУ

Конструктивно гідромуфта об'єднана в один корпус з водяним насосом дизеля (рис. 1).

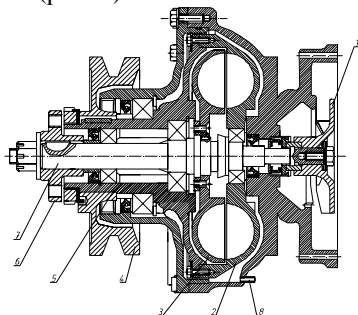


Рис. 1. Вдосконалена конструкція гідромуфти
Fig. 1. Advanced design of the hydrocoupling

Крильчатка 1 водяного насоса має постійний кінематичний зв'язок з валом 7 і турбінним колесом 3 та ступицею 6 вентилятора. За допомогою привідного шківця 4 обертається насосне колесо 2. Насосне колесо 2 із турбінним 3 утворюють робочу порожнину гідромуфти, в яку подається моторне масло через отвір 8. Зазор між турбінним і насосним колесами забезпечується розмірним ланцюжком в межах 1,5 – 2 мм. Вмикач гідродинамічної муфти призначений для від-

ключення подачі масла в гідромуфту через отвір 8 при температурі охолоджуючої рідини меншою нижньої межі регулювання (80°C) і забезпечення розрахункової подачі масла при температурі охолоджуючої рідини вище за верхню межу регулювання (88° - 90°C) при тиску оливи в системі мащення двигуна не нижче 100 кПа. Як чутливий елемент який реагує на зміну температури охолоджуючої рідини у вмикачі застосований термосиловий датчик ТС 108-1306090-10.

В період проведення експлуатаційних випробувань автомобілів з автоматично керованими вентиляторами в осінньо - зимовий період двигуни відпрацювали в середньому до 20 тис. км пробігу (табл. 1). При цьому витрата палива зменшилася в середньому на 7% на порівняння у витрату палива при роботі автомобілів з постійним приводом вентилятора.

Як було сказано вище використання автоматично керованої гідромуфти дозволяє підтримувати температурний режим двигуна на рівні, близькому до оптимального. Відповідно до цього розглянемо, як впливає оптимальний температурний режим двигуна на вміст механічних домішок в маслі SAE10W40 і якість відкладень в центрифугі.

На рис. 2 представлено тривалість роботи двигуна від температури оточуючого середовища.

На рис. 3 представлена зміна вмісту механічних домішок в маслі залежно від тривалості роботи двигуна. Концентрація механічних домішок для автомобілів з постійно включеним вентилятором (кри-

ва 1) досить велика і складає після 240 годин роботи двигуна близько 2,12%.

Таблиця 1 - Показники роботи двигуна УМЗ - 4216 з автоматично керованими вентиляторами і водяним насосом при експлуатаційних випробуваннях

Table 1 - Indicators of operation of the engine UMS - 4216 with automatically operated fans and the water pump at operational tests

Показники	Номери автомобілів			
	1	2	3	4
Пробіг, тис. км	18	17	21	22
Витрата палива, кг	3740	3550	3800	3900
Відпрацьовано мотогодин	760	770	795	810
Витрата палива, кг/100 км	22,0	21,1	23,0	21,0

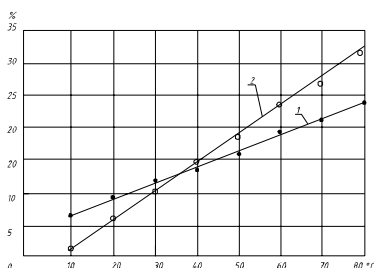


Рис. 2. Тривалість роботи двигуна (в %) при різних температурних режимах:

- 1 - постійний привід вентилятора і насоса;
- 2 - автоматичний привід вентилятора і насоса

Fig. 2. Period of operation of the engine (in %) at different temperature modes:

- 1-constant occasion of the fan and pump;
- 2-automatic occasion of the fan and pump

При роботі двигуна з автоматичним керованим вентилятором і насосом, концентрація механічних сумішей (крива 2) менше ніж з постійно ввімкненим вентилятором і рівна 1,75%, що дещо вищий (1+5%), ніж при літніх експлуатаційних випробуваннях. Пояснюється це наступним: із застосуванням електромагнітної муфти вентилятора, температурний режим двигуна наближається до оптимального. Отже, водяні пари, що утворюються в камері згоряє у меншій мірі конденсуються з утворенням агресивних середовищ,

здатних збільшувати хімічну і електрохімічну корозію, що знижує знос двигуна, а значить і утворення механічних домішок.

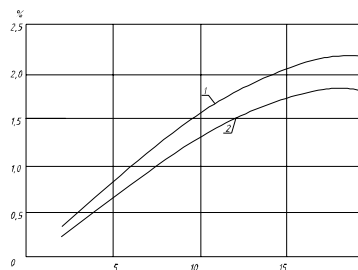


Рис. 3. Зміна вмісту механічних домішок в маслі при експлуатаційних випробуваннях:

- 1 - робота двигуна при пониженому температурному режимі;
- 2 - робота двигуна з гідромуптою

Fig. 3. Change of contents of mechanical impurity in oil at operational tests:

- 1-operation of the engine at the lowered temperature mode;
- 2-operation of the engine with the hydrocoupling

Зважаючи на швидке прогрівання двигуна зменшується пусковий знос, що такі сприяє зменшенню кількості механічних домішок.

Зміна ваги утримуючих відкладень в центрифугі залежно від тривалості роботи двигуна представлена на рис. 4. Характер зміни ваги утримуваних відкладень аналогічний характеру зміни концентрації механічних домішок в маслі, оскільки чим більше останніх в маслі, тим більше кількості їх відкладатиметься в роторі центрифуги.

В двигунах працюючих з постійно включеним вентилятором, центрифуги відбирали відкладення, вага яких складала в середньому 300 гр. Кількість відкладень для двигунів з автоматично керованим вентилятором менше і склав 250 гр. При літніх експлуатаційних випробуваннях кількість відкладенні рівно 200.

Розглядаючи динаміку утримання відкладень масляними центрифугами видно, що інтенсивність утримання відкладень практично залишається постійною при пробігу 15-20 тис. км. На підставі вищевикладеного періодичність, що рекомендується, по промивці реактивних

масляних центрифуг автомобілів - через 5-10 тис. км пробігу є передчасною і що при роботі двигуна з автоматично керованим вентилятором на маслі SAE10W40 терміни роботи масляних центрифуг до промивки можуть бути збільшені до 15-20 тис. км пробігу.

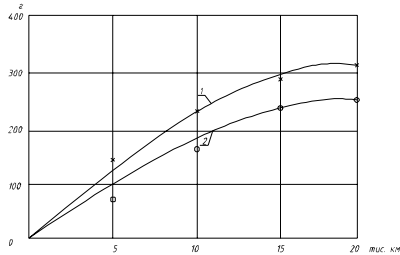


Рис. 4. Зміна ваги утримуючих відкладень в центрифугі при експлуатаційних випробуваннях:

1 - робота двигуна при зниженому температурному режимі; 2 - робота двигуна з гідромуктою

Fig. 4. Change of weight of holding deposits in a centrifuge at operational tests:

1-operation of the engine at the lowered temperature mode; 2-operation of the engine with the hydrocoupling

Як відомо, температурний режим робить значний вплив на знос деталей циліндро - поршневої групи. На рис. 5 представлений знос деталей двигуна при застосуванні автоматично керованого вентилятора, який в середньому рівний 2,95 гр, що 1,4 рази менше ніж при роботі двигуна з постійно включеним вентилятором (4,18 гр).

Знижений знос деталей циліндро-поршневої групи при застосуванні автоматично керованого вентилятора пояснюється тим, що, по-перше: скорочується час прогрівання двигуна, а значить і зменшується знос в період пуску прогрівання, по-друге, підтримка оптимального температурного режиму створює нормальні умови для мастила двигуна і перешкоджає утворенню агресивних середовищ, сприяючих корозійному зносу.

Таким чином, підтримка оптимального температурного режиму двигуна за допомогою автоматично керованого

вентилятора сприяє зменшенню утворення механічних домішок і кількості відкладень в центрифугі в 1,2 рази; при цьому знос двигуна зменшується в 1,4 рази, а витрата палива - на 7%.

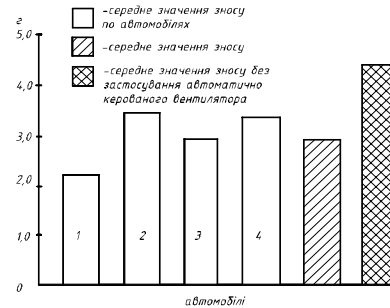


Рис. 5. Знос деталей двигунів при застосуванні автоматично керованої гідромукти водяного насоса

Fig. 5. Wear of details of engines at use of automatically operated hydrocoupling water to the pump

Крім цього, нами було проведено експлуатаційні випробування автомобілів ГАЗ-5307 в кількості 3-х з використанням масел груп М10Г2к, SAE5W40 і SAE10W40. Результати випробування показали, що різниця між накопиченням відкладень центрифуги, наявністю механічних домішок в маслі не значно відрізняється один від іншого, що пов'язано з тим, що в двигунах застосовувались модернізовані насоси з гідроприводом валу насоса та вентилятором.

ВИСНОВКИ

Чим швидше масло починає прокачуватися через систему змащування, тим нижче інтенсивність пускового зносу; чим менше час прогріву двигуна, тим менше деталі двигуна будуть зношуватись при холодному пуску і швидше починає приймати навантаження у міру прогрівання; при низькій температурі в зимовий період оптимальним для ефективної роботи вузлів тертя двигуна являється масло з меншою в'язкістю, наприклад 5 замість 10, 40 замість 50; при модернізації конструкції водяного насоса двигуна УМЗ – 4216 знос двигуна зменшується до 12%, а періодичність зміни масла також збільшується до 15%.

ЛІТЕРАТУРА

1. Виноградов В.И. 1980. Эксплуатация дизельных тракторов в зимних условиях / В.И. Виноградов. – Челябинск. – 257.
2. Селезнев Ю. 2008. Перспективы создания эффективных тепловых двигателей с внешним теплоотводом / Ю. Селезнев, А. Бондаренко, Н. Завируха // Motrol. – Lublin. – Tom 10B. – 133–140.
3. Смирнов М.С. 1990. Влияние температуры охлаждающей жидкости и природы топлива на износ деталей цилиндропоршневой группы / М.С. Смирнов, И.Т. Очеретяный. – Иркутск. – 160.
4. Гавриш В. 2007. Напряги зниження витрат на паливо автомобільним транспортом в агробізнесі / В. Гавриш // Motrol. – Lublin. – Tom 9AB. – 77–81.
5. Бельских В.И. 1987. Влияние теплового состояния тракторного двигателя на его износ и параметры рабочего процесса при различных вариантах охлаждения. Сборник научно-исследовательских работ аспирантов ВИМ / В.И. Бельских. – М. – 300.
6. Лосавио Г.С. 1967. Пусковые износы автомобильных двигателей при низких температурах / Г.С. Лосавио. – НИИАТ. – 56–87.
7. Никулин Ю.В. 1983. Роль топлива в смазке и износе деталей ЦПГ в период пуска-прогрева дизельного двигателя / Ю.В. Никулин и др. // II научно-техническое совещание по повышению износа деталей ЦПГ двигателей внутреннего сгорания. – Госниимаш. – 35–90.
8. Бородич А.М. 1969. Исследование работы тракторного дизеля при эксплуатации в условиях низких температур / А.М. Бородич. Кандидатская диссертация, Иркутск. – 160.
9. Лышко Г.П. 1973. К методике определения содержания механических примесей в отработанных маслах / Г.П. Лышко, А.А. Жосан // Труды КСХИ. – Кишинев. – Том 53. – 31–45.
10. Аронов Д.М. 1986. Влияние эксплуатационных режимов работы автомобиля на изменение физико-химических свойств моторных масел / Д.М. Аронов, К.М. Максимов // Сборник статей «Эксплуатационно-технические свойства и применение автомобильных топлив, смазочных материалов и спецжидкости». – М.: Транспорт. – Выпуск 5. – 194.
11. Арабян С.Г. 1975. Исследование и подбор картерных масел в соответствии с требованиями и условиям эксплуатации дизелей / Арабян С.Г. Кандидатская диссертация. – 253.
12. Лосавио Г.С. 1967. Пусковые износы автомобильных двигателей при низких температурах / Г.С. Лосавио. – НИИАТ. – 56–87.
13. Никулин Ю.В. 1983. Роль топлива в смазке и износе деталей ЦПГ в период пуска-прогрева дизельного двигателя / Ю.В. Никулин и др. // II научно-техническое совещание по повышению износа деталей ЦПГ двигателей внутреннего сгорания. – Госниимаш. – 35–90.
14. Лышко Г. П. 1970. Новое в использовании дизельных масел для тракторов / Г. П. Лышко. – Кишинев. – 183.
15. Егоров Н. 1968. Подогрев картерного масла при пуске холодного двигателя / Н. Егоров // Техника в сельском хозяйстве. – № 11. – 46.
16. Аронов Д. М. 1986. Влияние эксплуатационных режимов работы автомобиля на изменение физико-химических свойств моторных масел / Д. М. Аронов, К. М. Максимов // Сборник статей. Эксплуатационно-технические свойства и применение автомобильных топлив, смазочных материалов и спецжидкости. – М.: Транспорт. – Выпуск 5. – 194.
17. Лосавио Г. С. 1967. Пусковые износы автомобильных двигателей при низких температурах / Г. С. Лосавио. – НИИАТ. – 56–87.
18. Костецкий Б. И. 1970. Трение, смазка и износ в машинах / Б. И. Костецкий. – К.: Техника. – 325.
19. Рюмина А. 1969. Тракторы на транспортных работах / А. Рюмина // Техника в сельском хозяйстве. – № 12. – 158.
20. Итинская Н. И. 1969. Топливо и смазочные материалы / Н. И. Итинская. – М.: Колос. – 188.

PERFECTION OF CONSTRUCTION
OF AQUATIC TO PUMP ENGINE
OF UMZ – 4216.

Abstract. A construction is offered aquatic to the pump that includes the permanent occasion of pump and ventilator depending on the temperature of engine. It allows to accelerate warming up of engine, that results in the considerable decline of wear of engine, that takes place at a mionectic temperature.

Key words: turbine wheel, pumping wheel, water pump, system of automatic control of the temperature state.

ПРИМЕНЕНИЕ ГРАВИТАЦИОННОГО ВОДОПОДЪЁМА, КАК АЛЬТЕРНАТИВНОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ, ДЛЯ УСЛОВИЙ ПРОИЗВОДСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

Александр Шкатов, Елена Горбенко, Наталия Ким

Николаевский государственный аграрный университет
54028 Украина, Николаевская обл., г. Николаев, ул. Крилова 17а

Аннотация. Предлагается применение гравитационной силы воды, которая движется, как альтернативного источника энергии, традиционным источником энергии, используемых в условиях производства сельскохозяйственной продукции. Показаны преимущества этого вида энергии, полученной на типичных гравитационных энергетических установках, при использовании в животноводстве и при производстве масла из семян.

Ключевые слова: сопоставление, гравитация, напор, мультипликатор.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Степень освоения и использования человеком новых источников энергии на протяжении столетий оставалась очень низкой. Коренное изменение в технической мысли человечества произошло около 3-х столетий назад, когда паровая машина Джеймса Уатта потребовала лучшего топлива, более качественных конструкторских материалов, более производительного оборудования (станки) и т.д. и привело к промышленной революции. И тут выяснилось, что для дальнейшего прогресса человечества необходима энергия и притом её необходимо иметь в достаточном количестве, которую в современных условиях можно определить только с учётом темпа её потребности и величину расхода энергоносителей. Так в конце XIX века потребность в бензине для автомобилей не превышала десятков тонн, а в конце XX века, только для легковых автомобилей потребовалось его более миллиона тонн в сутки. Не меньший темп роста потребления оказался и в электроэнергии, мировая выработка которой в 1970 году достигла 5000 миллиардов киловатт в час, а к 2000 году превысила 30000

миллиардов киловатт в час, то есть стократный прирост за 70 лет. Энергетическая ситуация во всех странах мира, в том числе и у нас в Украине, существенно влияет на все стороны жизни населения и проблемой энергетики из года в год занимаются всё больше специалистов по всем направлениям её использования. В научных журналах, сборниках трудов разных уровней и назначений, проводится анализ энергетической проблематики с разных точек зрения и одним из главных результатов этих исследований является сопоставление потребностей и возможностей получения энергии от различных источников, позволяющей выразить распределение общего потребления энергии по отдельным её источникам получения.

Указанное сопоставление также показывает, что из рассмотренных пяти основных источников первичной энергии (твёрдое топливо, жидкое топливо, природный газ, водная и атомные энергии), доля водной энергии, как отдельного энергоносителя в общем мировом потреблении первичной энергии, составляет всего 6,9% [3].

Однако, освоение полученных в последнее время результатов

теоретических и экспериментальных исследований по вопросу использования гравитационного водоподъема движущегося потока воды, несомненно, повысят величину этого процента более чем на порядок, а для условий производства всех видов сельскохозяйственной продукции резко повысит его рентабельность [1, 2, 4-7].

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Предлагается рассмотреть применение гравитационной энергии как альтернативу используемому виду энергии непосредственно в качестве примера для 2-х типов производств сельскохозяйственной продукции: в животноводстве – при содержании скота в летних лагерях [5, 6] и производства растительного масла из маслосодержащих семян [4, 7].

Известно, что в животноводстве кормовые естественные угодья, занимая обширные площади, являются главным источником зелёного корма для постоянного содержания скота и позволяют, используя избыток, получаемый с них растительной массы для заготовки сена, силоса и травяной муки, которыми скармливают животных зимой. Однако, недостатком является сравнительно низкая продуктивность указанной зелёной массы ($\approx 20-30$ ц/га). Поэтому проводят постоянно работы на этих угодьях по их поверхностному и коренному улучшению, создавая на этой основе так называемые культурные пастбища, продуктивность которых по, сравнению с естественными кормовыми угодьями, увеличивается в 3-4 раза [5]. В таких пастбищах (лагерях) в зависимости от местных условий применяют различные схемы насосно - силового оборудования и выполнения соответствующих технологий, требующих больших затрат и как правило, энергоёмки.

Поэтому для существенного снижения этих затрат и повышения продуктивности рассматриваемых летних лагерей для содержания животных необходимо применять другие, более современные, инновационные технологии, которые используют последние достижения науки и техники. Именно такой технологией [4, 5, 6], используя природные условия Земли, является, по сути инновационная технология, с дешевой электроэнергией, получаемой от типовой гравитационной энергетической установки (ТГЭУ), в состав которой входят (рис.1): источник питания (ИП) с оголовком 8, обеспечивающих величину располагаемого напора – $H_{расп.} = \gamma h$ (где γh – гравитационная сила в виде веса столба воды в ИП, γ – удельный объёмный вес воды, h – высота столба воды в ИП); базовые ёмкости O_1 и O_2 для сжатия в них атмосферного воздуха гравитационной силой (компрессора); транзитные ёмкости 1, 2, ..., n; магистраль сжатого воздуха атмосферы Земли – M; напорные трубопроводы – T; краны для воды и воздуха – K_1, \dots, K_n ; K_{O1} и K_{O2} ; краны слива – K_{C1} и K_{C2} ; краны наполнения – K_{H1} и K_{H2} ; клапан герметизации и разгерметизации – В; гравитационная башня – 1; водопровод к турбине (к потребителю) – 2; турбина – 3; блок автоматического регулирования – 6; вывод электроэнергии к потребителю – 7; рабочий накопитель – РН. При использовании инновационной технологии на ТГЭУ все технологические операции включения и выключения, выполняют автоматически, согласно причинно - следственной связи между ними и специальной электросхемы, по которой выполнение указанной последовательности всех действий на ТГЭУ – сохраняется полностью, включая последнюю транзитную ёмкость n, которая наполняет водой

непосредственно рабочий накопитель РН. С РН воду, обладающей максимальной гравитационной силой в виде веса столба воды, общего располагаемого напора установки $N_{расп.мех.} = \gamma h I$ направляют к турбине 3 для преобразования его в кинетическую энергию в электрогенераторе откуда уже электроэнергию направляют на вывод 7 к потребителю. Вместе с получением дешевой электроэнергии на ТГЭУ, используя стоки воды из базовых емкостей O_1 и O_2 и возможной высоконапорной части из РН, решают также проблему водоснабжения, при содержании крупного рогатого скота в любых пастбищах, в том числе и в летних лагерях.

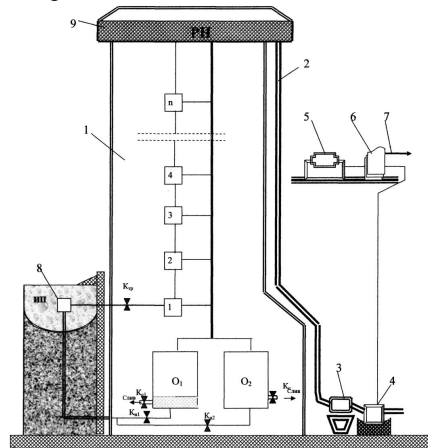


Рис. 1. Установка для многократного увеличения гравитационного напора

Fig. 1. Installation for a multiple increase gravitational pressure

Сравнительные расчеты получаемой выходной мощности на ТГЭУ и действующих гидроэлектростанциях с одинаковым расходом Q воды, напором H и электрооборудованием, изготовляемого серийно с 1991 года, показывают, что применение ТГЭУ позволяет получить мощность в 4,9 раза выше [2, 5, 6, 7] чем на действующих гидроэлектростанциях. Вместе с тем для содержания животных на летних пастбищах по экологическому признаку

инновационная технология в комплексе с ТГЭУ находится вне конкуренции, так как она для производства электроэнергии на ТГЭУ не требует полного перекрытия высокой платиной всего потока воды в реках до самого устья и устраняется необходимость создания обширных водохранилищ с затоплением огромных площадей плодородных земель и пастбищ. При этом, значительно улучшается экология окружающей среды, в том числе и для мест содержания животных в летних лагерях.

Естественно, что приведённые выше факты использования гравитационных сил для инновационной технологии в комплексе с ТГЭУ базируется теоретически на условиях, которые идентичны по исполнению в других областях науки и техники в том числе: при гидравлическом ударе, из гидродинамики, при цилиндрическом изгибе и калибровке заготовки по матрице из сопротивления материалов и из явления «Солитон» – при турбулентном движении воды в трубе. Такой подход к созданию инновационной технологии в комплексе с ТГЭУ для содержания скота в летних лагерях ещё более увеличивает их преимущества [4, 5, 6, 7].

Как выше указывалось, рассмотрим в качестве второго примера использования гравитационной энергии в виде альтернативы применяемому виду энергии при производстве растительного масла. Используемые в настоящее время технологические процессы производства растительного масла из маслосодержащих семян способом прессования и методом прямой экстракции имеют недостаток – они высокочрезвычайно затратны. Освоение же инновационной технологии в комплексе с ТГЭУ на всех методах и способах прессования

маслосодержащих семян даст резкое снижение затрат при его применении и повысит в целом конкурентоспособность существующего (выпускаемого) оборудования для производства растительного масла. При этом значительный интерес представляет рассмотрение двух вариантов решения данной техники - экономической проблемы с помощью указанной инновационной технологии получения растительного масла как продукта сельскохозяйственного производства с помощью гравитационного водоподъема на ТГЭУ.

Первый вариант (рис. 1) – не изменяя существующей технологии производства растительных масел на действующих шнековых прессах, подключают (подсоединяют) их к источнику дешёвой, экологически чистой электроэнергии, получаемой от ТГЭУ, в которой используют инновационную гравитационную технологию водоподъема (ИТГВ) в виде способа многократного увеличения гравитационного напора. Именно применение этого способа позволяет на ТГЭУ получать указанную электроэнергию, обеспечивая этим снижение общих затрат на производство в данном варианте на всю величину стоимости потребляемой прессом этой электроэнергии [4, 7].

Во втором варианте решение проблемы сохранения затрат по производству растительного масла еще эффективней. Здесь сокращение их происходит не только за счёт почти полного прекращения потребления электроэнергии в процессе производства масла но и за счёт новых конструктивных решений по созданию принципиально новой технологии создания требуемого давления для выдавливания масла из маслосодержащих семян с помощью той же гравитационной силы поступающей из РН ТГЭУ. Здесь

силовой электропривод и сама система шнековой передачи заменяется одним мультипликатором как усилителем уже созданного в ТГЭУ гравитационного давления до величин достаточных для выдавливания масла из семян в веерной камере.

ВЫВОДЫ

Изложенное свидетельствует о том, что использование гравитационной энергии, получаемой от ТГЭУ для рассмотренных двух типов производств сельскохозяйственной продукции, является серьёзной альтернативой традиционным видам энергии, т.к. она удобна для различных видов сельскохозяйственных производств и продукции удобна в использовании и территориально более доступна. Электроэнергия, производимая на ТГЭУ, является не только самой дешёвой и наиболее комфортной для употребления. Но самое главное, она по экологичности является абсолютно чистой, а для производств сельскохозяйственной продукции, несмотря на большую величину занимаемой ею территории, наиболее надёжной. Естественно, что гравитационный водоподъём, как альтернатива традиционным видом энергии в ближайшее время станет не только для энергии, расходуемой на производство сельскохозяйственной продукции, но и для других энергоёмких направлений деятельности человечества при этом доля водной энергии, как отдельного энергоносителя в мировом потреблении первичной энергии возрастает на порядок и выше.

ЛИТЕРАТУРА

1. Исаев А.П. 1990. Гидравлика и гидромеханизация с.-х. процессов / А.П. Исаев, Б.И. Сергеев, В.А. Дидур – М.: Агропромиздат, – 400.
2. Пастушенко С.И. 2006. Исследование процесса повышения

- гравитационного напора в водоподъемнике / С.И. Пастушенко, А.С. Шкатов, Е.А. Горбенко, Н.Н. Огиенко / Науковий вісник. Національний аграрний університет. – Київ, Частина 1, 119-127
3. Тельдеши Ю., Лесны Ю. 1981. Мир ищет энергию: Пер. со словацкого. – М.: Мир, 439.
4. Шкатов А.С. 2009. Инновационная технология гравитационного водоподъема с системой управления / А.С. Шкатов, Е.А. Горбенко, В.Ф. Жлобич, В.В. Стрельцов / Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету – Дніпропетровськ – спец. Випуск, №2-09 – 23-31.
5. Шкатов А.С. 2010. Инновационная технология содержания скота в летних лагерях с использованием электроэнергии от гравитационной энергетической установки / А.С. Шкатов, Т.Б. Гур'ева / MOTROL: Motoryracj Energetyka Rolnictwa – Lublin, TOM 12 A – 188-195.
6. Шкатов А.С. 2009. Використання гравітаційного водопідйому як джерела електричної енергії для забезпечення функціонування літнього табору молочної ферми ВРХ / О.С. Шкатов, Т.Б. Гур'єва, С.В. Любвицький, В.Ф. Жлобич / Вісник аграрної науки, Причорномор'я МДАУ, Миколаїв, вип. 2 (49) – 233-240.
7. Шкатов А.С. 2010. Использование сил гравитации для повышения обеспеченности систем водоснабжения / А.С. Шкатов, Е.А. Горбенко / Науковий вісник. Національного університету біоресурсів і природокористування України, 144, частина 5, серія Техніка та енергетика АПК, Київ – 284-294.
8. Башта Т.М. и др. 1982. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы. – 2-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, – 215.
9. Ильиных И.И. 1982. Гидроэлектростанции. – Энергоиздат, – 192.
10. Константинов Ю.М. 1981. Гидравлика. – К.: Высшая школа, – 360.
11. Ленберг М.Д. 1961. Пневмоавтоматика. – М.: Госэнергоиздат, – 145.
12. Палишкин Н.А. 1980. Гидравлика и сельскохозяйственное водоснабжение. – М.: Агропромиздат, – 351.
13. Потапов В.М. и др. 1972. Использование водной энергии. – М.: Колос, – 343.
14. Рогалевич Ю.П. 1993. Гідравліка. – К.: Вища школа, – 255.
15. Савин И.Ф. 1978. Основы гидравлики и гидропривод / И.Ф. Савин, П.В. Сафонов – М.: Высшая школа, – 222.
16. Сафонов Н.А. и др. 1988. Сельскохозяйственное водоснабжение. – К.: Высшая школа, – 224.
17. Стрелец Б.И. 1987. Справочник по водным ресурсам. – К.: Урожай, – 304.
18. Хруппа И.Ф. 1983. Гидротехнические сооружения и сельскохозяйственная мелиорация / И.Ф. Хруппа, В.П. Иванов – М.: Колос. – 351.
19. Часовской В.П. 2003. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы сельскохозяйственной техники / В.П. Часовской, В.Н. Лангазов – Луганск: Знание, – 336.
20. Чугаев Р.Р. 1982. Гидравлика. – Л.: Энергоиздат, – 672.
21. Шкатов А.С. 2010. Гравитационное воздействие – как энергетический источник / А.С. Шкатов, Е.А. Горбенко / MOTROL: Motoryracja Energetyka Rolnictwa – Lublin, TOM 12A – 214-222.
22. Бабіч М. 2008. Аналіз чинників ефективності проекту енергозабезпечення сільськогосподарських об'єктів за рахунок використання гідроенергії

малих річок Карпат / М. Бабіч /
MOTROL: Motoryracja Energetyka
Rolnictwa – Lublin, TOM 10B – 91-95.

APPLICATION OF GRAVITY
GETTING UP OF WATER, AS
ALTERNATIVE ENERGY
SOURCE, FOR TERMS OF
PRODUCTION OF
AGRICULTURAL GOODS

Abstract. Application of gravity force of water which moves, as alternative energy source, is offered, by a traditional energy source, in-use in the conditions of production of agricultural goods. Advantages of this type of energy, got on the typical gravity power settings are rotined, at the use in a stock-raising and at the production of butter from seed.

Key words: comparison, gravitation, pressure, cartoonist.

ПОЛИНОМИАЛЬНЫЙ СТОХАСТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА БАЗЕ АППАРАТА КАНОНИЧЕСКИХ РАЗЛОЖЕНИЙ

Игорь Атаманюк*, Юрий Кондратенко**

Николаевский государственный аграрный университет
Черноморский государственный университет им. Петра Могилы

* 54030, г. Николаев, ул. Крылова 17 а

** 54003 г. Николаев, ул. 68 Десантников, 10

Аннотация. Предложен алгоритм оценки вероятности безотказной работы технических объектов в будущие моменты времени. В основу алгоритма положено полиномиальное каноническое разложение случайной последовательности изменения значений контролируемого параметра.

Ключевые слова: случайная последовательность, каноническое разложение.

базирующихся на количественных оценках будущего состояния объекта.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из наиболее важных задач, постоянно возникающей в процессе обслуживания технических объектов, является задача анализа их пригодности к дальнейшей эксплуатации. Проблема становится особенно важной в связи с постоянным ужесточением требований к безопасности функционирования технических объектов, например, энергетических и промышленных предприятий, отказы которых могут привести к значительным экономическим и экологическим последствиям. На сегодняшний день данная задача в подавляющем большинстве случаев решается неформальными методами и решение о будущем состоянии объекта принимается на основе:

- качественной или количественной оценки его текущего состояния;
- опыта эксплуатации данного и аналогичных объектов.

По мере усложнения технических объектов и роста требований к вероятности их безотказной работы неформальные методы принятия решения становятся все менее эффективными. Отсюда возникает необходимость использования более строгих подходов,

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Не ограничивая общности, положим, что состояние некоторого технического объекта исчерпывающим образом определяется скалярным параметром X , изменение значений которого в дискретном ряде точек $t_i, i = \overline{1, I}$ описывается случайной последовательностью $\{X\} = X(i), i = \overline{1, I}$. Значения параметра X должны удовлетворять условию:

$$a < x(i) < b, i = \overline{1, I}. \quad (1)$$

В случае пересечения параметром X границ допустимой области $[a; b]$ фиксируется отказ. Состояние объекта периодически контролируется в дискретные моменты времени $t_\mu, \mu = \overline{1, k}$ измерением значений $x(\mu), \mu = \overline{1, k}$ параметра X . Очевидно, что для этого отрезка должно быть справедливо неравенство $a < x(\mu) < b, \mu = \overline{1, k}$ так как в противном случае, как следует из (1), на интервале наблюдения имел место отказ объекта, что привело бы к его снятию с эксплуатации. На основе ука-

званной информации требуется сделать вывод о пригодности объекта к эксплуатации в будущие моменты времени $t_i, i = \overline{k+1, I}$.

РЕШЕНИЕ

Учитывая, что значения контролируемого параметра X изменяются в области прогноза случайным образом, исчерпывающей характеристикой надежности функционирования исследуемого технического объекта является вероятность безотказной работы:

$$P^{(k)}(I) = P\{a < X^{(k)}(i) < b, i = \overline{k+1, I} / x(\mu), \mu = \overline{1, k}\} \quad (2)$$

Задача, таким образом сводится к определению вероятности невыхода реализации апостериорной случайной последовательности

$$X^{(k)}(i / x(\mu), \mu = \overline{1, k}), i = \overline{k+1, I},$$

за границы допустимой области $[a; b]$.

В [1,2] предложен подход к оценке вероятности (2) путем многократного статистического моделирования возможных продолжений $x_l(i), i = \overline{k+1, I}, l = \overline{1, L}$ исследуемой случайной последовательности $\{X\}$ в области прогноза, проверки для каждой реализации условия (1) и вычисления в результате эксперимента искомой оценки $P^{*(k)}(I) = n/L$ (n - число успехов). В данном методе в качестве модели случайной последовательности используется ее каноническое разложение [3] в исследуемом ряде точек $t_i, i = \overline{1, I}$:

$$X(i) = M[X(i)] + \sum_{v=1}^i V_v \varphi_v(i), i = \overline{1, I}, \quad (3)$$

где $V_v, v = \overline{1, I}$ - случайные коэффициенты: $M[V_v] = 0, M[V_v V_\mu] = 0$ для $v \neq \mu, M[V_v^2] = D_v$;

$\varphi_v(i), i, v = \overline{1, I}$ - неслучайная координатная функция: $\varphi_v(v) = 1, \varphi_v(i) = 0$ при $v > i$.

Элементы канонического представления (3) определяются следующими рекуррентными соотношениями:

$$V(i) = X(i) - M[X(i)] - \sum_{v=1}^{i-1} V_v \varphi_v(i), i = \overline{1, I}, \quad (4)$$

$$D_i = M[X^2(i)] - \{M[X(i)]\}^2 - \sum_{v=1}^{i-1} D_v \varphi_v^2(i), i = \overline{1, I}, \quad (5)$$

$$\varphi_v(i) = \frac{1}{D_v} \{M[X(v)X(i)] - M[X(v)]M[X(i)] - \sum_{j=1}^{v-1} D_j \varphi_j(v) \varphi_j(i)\}, v = \overline{1, I}, i = \overline{v, I}. \quad (6)$$

Фиксация в выражении (3) известных значений $X(\mu) = x(\mu), \mu = \overline{1, k}$ преобразует априорную случайную последовательность в апостериорную:

$$X^{(k)}(i) = m_x^{(k)}(i) + \sum_{v=k+1}^i V_v \varphi_v(i), i = \overline{k+1, I}, \quad (7)$$

где $m_x^{(k)}(i)$ - линейная оптимальная по критерию минимума среднего квадрата погрешности прогноза оценка будущего значения случайной последовательности $\{X\}$ в точке t_i по k известным начальным значениям.

Выражения для определения $m_x^{(k)}(i)$ имеют две эквивалентные формы записи:

$$m_x^{(k)}(i) = \begin{cases} M[X(i)], & \text{при } \mu=0, i=\overline{1, I}; \\ m_x^{(\mu-1)}(i) + [x(\mu) - m_x^{(\mu-1)}(\mu)] \varphi_\mu(i), & \\ \mu=\overline{1, k}, i=\overline{\mu+1, I}; \end{cases} \quad (8)$$

или

$$m_x^{(k)}(i) = M[X(i)] + \sum_{j=1}^k (x(\mu) - M[X(\mu)]) f_\mu^{(k)}(i), \quad (9)$$

$$f_\mu^{(k)}(i) = \begin{cases} f_\mu^{(k-1)}(i) - f_\mu^{(k-1)}(k) \varphi_k(i), & \mu \leq k-1, \\ \varphi_k(i), & \mu = k. \end{cases} \quad (10)$$

Формирование возможных продолжений случайной последовательности $\{X\}$ с помощью выражения (7) заключается в вычислении оценок $m_x^{(k)}(i), i = \overline{k+1, I}$, генерации одним из известных методов статистического моделирования значений независимых случайных коэффициентов $V_v, v = \overline{k+1, I}$ с требуемым законом

распределения и преобразованию полученных значений координатными функциями $\varphi_v(i), i, v = \overline{k+1, I}$.

Информационная технология прогнозирования надежности технических объектов на основе модели (7) охватывает достаточно широкий класс случайных последовательностей (немарковские, нестационарные, немонотонные и т.д.), однако данное представление апостериорной случайной последовательности является оптимальным только в рамках линейных стохастических свойств, что существенно снижает достоверность прогноза для случайных последовательностей, которые обладают нелинейными связями.

Устранение данного недостатка возможно путем использования в основе способа оценки вероятности безотказной работы технического устройства нелинейного канонического разложения исследуемой случайной последовательности [4] изменения значений контролируемого параметра:

$$X(i) = M[X(i)] + \sum_{v=1}^i \sum_{\lambda=1}^{N-1} V_v^{(\lambda)} \varphi_{iv}^{(\lambda)}(i), i = \overline{1, I}. \quad (11)$$

Элементы разложения (11) определяются следующими рекуррентными соотношениями:

$$V_v^{(\lambda)} = X^\lambda(v) - M[X^\lambda(v)] - \sum_{\mu=1}^{v-1} \sum_{j=1}^{N-1} V_\mu^{(j)} \varphi_{\lambda\mu}^{(j)}(v) - \sum_{j=1}^{\lambda-1} V_v^{(j)} \varphi_{\lambda v}^{(j)}(v), v = \overline{1, I}, \quad (12)$$

$$D_\lambda(v) = M\{V_v^{(\lambda)}\}^2 - M\{X(v) - M[X(v)]\}^2 - \sum_{\mu=1}^{v-1} \sum_{j=1}^{N-1} D_j(\mu) \{\varphi_{\lambda\mu}^{(j)}(v)\}^2 - \sum_{j=1}^{\lambda-1} D_j(v) \{\varphi_{\lambda v}^{(j)}(v)\}^2, v = \overline{1, I}, \quad (13)$$

$$\begin{aligned} \varphi_{iv}^{(\lambda)}(i) &= \frac{M\{V_v^{(\lambda)}\} \{X^h(i) - M[X^h(i)]\}}{M\{V_v^{(\lambda)}\}^2} = \\ &= \frac{1}{D_\lambda(v)} \{M[X^\lambda(v) X^h(i)] - \\ &\quad - M[X^\lambda(v)] M[X^h(i)] - \\ &\quad - \sum_{\mu=1}^{v-1} \sum_{j=1}^{N-1} D_j(\mu) \varphi_{\lambda\mu}^{(j)}(v) \varphi_{h\mu}^{(j)}(i) - \\ &\quad - \sum_{j=1}^{\lambda-1} D_j(v) \varphi_{\lambda v}^{(j)}(v) \varphi_{h v}^{(j)}(i)\}, \lambda = \overline{1, h}, v = \overline{1, i}. \end{aligned} \quad (14)$$

В каноническом разложении (11) случайная последовательность $\{X\}$ представлена в исследуемом ряде

точек $t_i, i = \overline{1, I}$ с помощью $N-1$ массивов $\{V^{(\lambda)}\}, \lambda = \overline{1, N-1}$ некоррелированных центрированных случайных коэффициентов $V_i^{(\lambda)}, \lambda = \overline{1, N-1}, i = \overline{1, I}$. Данные коэффициенты содержат информацию о значениях $X^h(i), \lambda = \overline{1, N-1}, i = \overline{1, I}$, а координатные функции $\varphi_{iv}^{(\lambda)}(i), \lambda, h = \overline{1, N-1}, v, i = \overline{1, I}$ описывают вероятностные связи порядка $\lambda+h$ между сечениями t_v и $t_i, v, i = \overline{1, I}$.

Конкретизация значений

$X^\lambda(\mu) = x^\lambda(\mu), \lambda = \overline{1, N-1}, \mu = \overline{1, k}$ позволяет перейти от априорной случайной последовательности (11) к апостериорной:

$$X(i) = m_x^{(k, N-1)}(I, i) + \sum_{v=1}^i \sum_{\lambda=1}^{N-1} W_v^{(\lambda)} \beta_{iv}^{(\lambda)}(i), i = \overline{1, I}. \quad (15)$$

Выражение

$$m_x^{(k, l)}(I, i) = M[X(i) / x^v(j)], \\ j = \overline{1, k}, v = \overline{1, N-1}]$$

является условным математическим ожиданием случайной последовательности при условии, что известны значения $x^v(j), v = \overline{1, N-1}, j = \overline{1, k}$ и исследуемый процесс полностью задан дискретизованными моментными функциями $M[X^\lambda(v)], M[X^\lambda(v) X^h(i)], \lambda, h = \overline{1, N-1}, v, i = \overline{1, I}$.

Алгоритм

вычисления

$m_x^{(k, l)}(I, i) = M[X^l(i) / x^v(j), j = \overline{1, k}, v = \overline{1, N-1}]$ имеет две эквивалентные формы записи [5]:

$$m_x^{(\mu, l)}(h, i) = \begin{cases} M[X^h(i)], & \mu=0, \\ m_x^{(\mu, l-1)}(h, i) + (x^l(\mu) - \\ - m_x^{(\mu, l-1)}(l, \mu)) \varphi_{h\mu}^{(1)}(i), & l \neq 1, \\ m_x^{(\mu-1, N-1)}(h, i) + (x^l(\mu) - \\ - m_x^{(\mu-1, N-1)}(l, \mu)) \varphi_{h\mu}^{(1)}(i), & l=1. \end{cases} \quad (16)$$

либо

$$m_x^{(k,N-1)}(1,i) = M[X(i)] + \sum_{j=1}^k \sum_{v=1}^{N-1} x^v(j) F_{((j-1)(N-1)+v)}^{(k(N-1))}((i-1)(N-1)+1), \quad (17)$$

где:

$$F_{\lambda}^{(\alpha)}(\xi) = \begin{cases} F_{\lambda}^{(\alpha-1)}(\xi) - F_{\lambda}^{(\alpha-1)}(\alpha) \gamma_{\lambda}(i), & \lambda \leq \alpha-1, \\ \gamma_{\alpha}(\xi), & \lambda = \alpha, \end{cases} \quad (18)$$

$$\gamma_{\alpha}(\xi) = \begin{cases} \varphi_{1, [\alpha/(N-1)]+1}^{(mod_{N-1}(\alpha))}([\alpha/(N-1)]+1), \\ \ddot{a}\ddot{e}\ddot{y}\ddot{i} \xi \leq k(N-1), \\ \varphi_{1, [\alpha/(N-1)]+1}^{(mod_{N-1}(\alpha))}(i), & \ddot{a}\ddot{m}\ddot{e}\ddot{e} \xi = (i-1)(N-1)+1. \end{cases} \quad (19)$$

Процедура моделирования апостериорной случайной последовательности (15) предполагает, что известны плотности распределения случайных коэффициентов $V_i^{(\lambda)}, \lambda = \overline{1, N-1}, i = \overline{1, I}$. Наиболее простым и эффективным решением задачи определения указанных одномерных плотностей распределения является использование непараметрических оценок парзеновского типа [6]. При этом оценка искомой плотности распределения $f(V_i^{(\lambda)})$ случайной величины $V_i^{(\lambda)}$ по L ее реализациям $v_{i,l}^{(\lambda)}, l = \overline{1, L}$ представляется в виде:

$$f_L(V_i^{(\lambda)}) = \frac{1}{dL} \sum_{l=1}^L g(u_l), \quad (20)$$

где $u_l = d^{-1}(v_{i,l}^{(\lambda)} - v_{i,l}^{(N)})$, $g(u_l)$ - некоторая весовая функция (ядро); d - константа (коэффициент размытости).

Оценка (20) во всех точках области определения получается несмещенной, состоятельной и равномерно сходится к искомой плотности распределения $f(V_i^{(\lambda)})$ с вероятностью единица, если весовая функция удовлетворяет условиям:

$$g(u) \geq 0, \quad \sup_u |g(u)| < \infty, \\ \lim_{u \rightarrow \pm\infty} |ug(u)| = 0, \quad \int_{-\infty}^{+\infty} g(u) du = 1, \quad (21)$$

а константа d выбирается в зависимости от числа наблюдений с соблюдением условий

$$d > 0, \quad \lim_{L \rightarrow +\infty} d(L) = 0,$$

$$\lim_{L \rightarrow +\infty} d(L)L = \infty. \quad (22)$$

При выборе в качестве функции ядра $g(u)$ равномерной плотности распределения коэффициент размытости определяется из соотношения

$$d = 0,5 \sup_i |v_{i,d}^{(N)} - v_{i,j-1}^{(N)}|, v_{i,d}^{(N)} > v_{i,d-1}^{(N)}, i = \overline{2, L}. \quad (23)$$

Таким образом, предложенная информационная технология полиномиального прогнозирующего контроля надежности технических объектов состоит из следующих этапов:

- построение на основе известной априорной информации $M[X^{\lambda}(v)], M[X^{\lambda}(v)X^h(i)],$

$\lambda, h = \overline{1, N-1}, v, i = \overline{1, I}$ канонического разложения (11) случайной последовательности изменения контролируемого параметра X ;

- определение по формуле (16) или (17) значений

$$m_x^{(k,l)}(1,i) = M[X(i)/x^v(j)], j = \overline{1, k}, v = \overline{1, N-1}$$

условного математического ожидания исследуемой случайной последовательности в области прогноза $[t_{k+1} \dots t_1]$ по известным значениям $x^v(j), v = \overline{1, N-1}, j = \overline{1, k}$ на интервале наблюдения $[t_1 \dots t_k]$;

- многократное моделирование значений случайных коэффициентов $V_i^{(\lambda)}, i = \overline{k+1, I}, \lambda = \overline{1, N-1}$ с законом распределения (20) и формирование с помощью выражения (15) множества возможных продолжений реализации исследуемой случайной последовательности в области прогноза $[t_{k+1} \dots t_1]$;

- проверка условия не пересечения полученных траекториями границ допустимой области $[a; b]$ изменения контролируемого параметра X и определения оценки вероятности безотказной работы технического объекта как отношение числа успехов к общему

количеству проведенных экспериментов.

Повышение достоверности оценки вероятности безотказной работы на основе модели (15) по сравнению с (7) достигается за счет использования нелинейных стохастических свойств исследуемой случайной последовательности: повышается точность определения условного математического ожидания и достоверность возможных траекторий случайной последовательности в области прогноза за счет использования в процессе моделирования дополнительного массива случайных коэффициентов $V_i^{(\lambda)}$, $i = \overline{k+1, I}$, $\lambda = \overline{2, N-1}$. Выигрыш в точности можно оценить с помощью выражения:

$$e_{(a,b)}^{(k)}(i) = (|m_x^{(k, N-1)}(I, i) - m_x^{(k)}(i)| + \int \sum_{j=1}^k \sum_{v=1}^{N-j} D_v(j) (\beta_{ij}^{(v)}(i))^2 - \sum_{j=1}^k D_j \varphi_c^2(i)^{1/2}) / (b-a). \quad (24)$$

В случае, когда контролируемый параметр X на интервале наблюдения $[t_1 \dots t_k]$ измеряется с погрешностью $Y(i): M[Y(v)] = 0, M[Y^\lambda(v)] Y^h(i)$, $\lambda, h = \overline{1, N-1}; v, i = \overline{1, k}$, в результате имеет место случайная последовательность измерений $\{Z\} = Z(i), i = \overline{1, k}$:

$$Z(i) = X(i) + Y(i), i = \overline{1, k}. \quad (25)$$

При этом исследованию подлежит случайная последовательность: $\{X'\} = \{Z(1), Z(2), \dots, Z(k), X(k+1), \dots, X(I)\}$, для которой полиномиальное каноническое разложение имеет вид [26,27]:

$$X'(i) = M[X(i)] + \sum_{v=1}^i \sum_{\lambda=1}^N W_v^{(\lambda)} \beta_{iv}^{(\lambda)}(i), i = \overline{1, I}. \quad (26)$$

Элементы разложения (26) определяются следующими рекуррентными соотношениями:

$$W_v^{(\lambda)} = Z^\lambda(v) - \sum_{\mu=1}^{v-1} \sum_{j=1}^N W_\mu^{(j)} \beta_{\mu v}^{(j)}(v) - \sum_{j=1}^{\lambda-1} W_v^{(j)} \beta_{\lambda v}^{(j)}(v), \quad (27)$$

$v = \overline{1, k}$,

$$W_v^{(\lambda)} = X^\lambda(v) - \sum_{\mu=1}^{v-1} \sum_{j=1}^{N-1} W_\mu^{(j)} \beta_{\lambda \mu}^{(j)}(v) - \sum_{j=1}^{\lambda-1} W_v^{(j)} \beta_{\lambda v}^{(j)}(v), \quad (28)$$

$$- \sum_{j=1}^{\lambda-1} W_v^{(j)} \beta_{\lambda v}^{(j)}(v), v = \overline{k+1, I},$$

$$D_\lambda(v) = M\{W_v^{(\lambda)}\}^2 = M\{[Z(v) - M[Z(v)]]^2\} - \sum_{\mu=1}^{v-1} \sum_{j=1}^N D_j(\mu) \{\beta_{\mu v}^{(j)}(v)\}^2 - \sum_{j=1}^{\lambda-1} D_j(v) \{\beta_{\lambda v}^{(j)}(v)\}^2, v = \overline{1, k}. \quad (29)$$

$$D_\lambda(v) = M\{W_v^{(\lambda)}\}^2 = M\{[X(v) - M[X(v)]]^2\} - \sum_{\mu=1}^{v-1} \sum_{j=1}^N D_j(\mu) \{\beta_{\mu v}^{(j)}(v)\}^2 - \sum_{j=1}^{\lambda-1} D_j(v) \{\beta_{\lambda v}^{(j)}(v)\}^2, \quad (30)$$

$v = \overline{k+1, I}$,

$$\beta_{iv}^{(\lambda)}(i) = \frac{M[W_v^{(\lambda)}\{Z^h(i) - M[Z^h(i)]\}]}{M\{W_v^{(\lambda)}\}^2} = \frac{1}{D_\lambda(v)} \{M[Z^\lambda(v)] Z^h(i) - M[Z^\lambda(v)] M[Z^h(i)] - \sum_{\mu=1}^{v-1} \sum_{j=1}^N D_j(\mu) \beta_{\mu v}^{(j)}(v) \beta_{\mu i}^{(j)}(i) - \sum_{j=1}^{\lambda-1} D_j(v) \beta_{\lambda v}^{(j)}(v) \beta_{\lambda i}^{(j)}(i)\}, \lambda = \overline{1, h}, 1 \leq v \leq i \leq k, \quad (31)$$

$$\beta_{iv}^{(\lambda)}(i) = \frac{M[W_v^{(\lambda)}\{X^h(i) - M[X^h(i)]\}]}{M\{W_v^{(\lambda)}\}^2} = \frac{1}{D_\lambda(v)} \{M[Z^\lambda(v)] X^h(i) - M[Z^\lambda(v)] M[X^h(i)] - \sum_{\mu=1}^{v-1} \sum_{j=1}^N D_j(\mu) \beta_{\mu v}^{(j)}(v) \beta_{\mu i}^{(j)}(i) - \sum_{j=1}^{\lambda-1} D_j(v) \beta_{\lambda v}^{(j)}(v) \beta_{\lambda i}^{(j)}(i)\}, \lambda = \overline{1, h}, v = \overline{1, k}, i = \overline{k+1, I}, \quad (32)$$

$$\beta_{iv}^{(\lambda)}(i) = \frac{M[W_v^{(\lambda)}\{X^h(i) - M[X^h(i)]\}]}{M\{W_v^{(\lambda)}\}^2} = \frac{1}{D_\lambda(v)} \{M[X^\lambda(v)] X^h(i) - M[X^\lambda(v)] M[X^h(i)] - \sum_{\mu=1}^{v-1} \sum_{j=1}^N D_j(\mu) \beta_{\mu v}^{(j)}(v) \beta_{\mu i}^{(j)}(i) - \sum_{j=1}^{\lambda-1} D_j(v) \beta_{\lambda v}^{(j)}(v) \beta_{\lambda i}^{(j)}(i)\}, \lambda = \overline{1, h}, k \leq v \leq i \leq I. \quad (33)$$

Фиксация результатов измерения: $Z^\lambda(\mu) = z^\lambda(\mu), \lambda = \overline{1, N-1}, \mu = \overline{1, k}$ преобразует априорную модель (26) случайной последовательности $\{X'\}$ в апостериорную [7]:

$$X'(i) = m_{x/z}^{(k, N-1)}(I, i) + \sum_{v=1}^i \sum_{\lambda=1}^{N-1} W_v^{(\lambda)} \beta_{iv}^{(\lambda)}(i), i = \overline{1, I}. \quad (34)$$

где:

$$m_{x/z}^{(\mu)}(hi) = \begin{cases} M[X^h(i)], \mu=0, \\ m_{x/z}^{(\mu-1)}(hi) + \\ + (z^l(\mu) - m_{x/z}^{(\mu-1)}(l, \mu)) \beta_{\mu}^{(l)}(i), l \neq 1, \\ m_{x/z}^{(\mu-1, N-1)}(hi) + \\ + (z(\mu) - m_{x/z}^{(\mu-1, N-1)}(l, \mu)) \beta_{\mu}^{(l)}(i), l=1 \end{cases} \quad (35)$$

или:

$$m_{x/z}^{(k, N-1)}(l, i) = M[X(i)] + \sum_{j=1}^k \sum_{v=1}^{N-1} z^v(j) S_{j-1, N+v}^{(kN)}((i-1)N+1), i = \overline{k+1, l} \quad (36)$$

$$S_{j-1, N+v}^{(\alpha)}(\xi) = \begin{cases} S_{j-1, N+v}^{(\alpha-1)}(\xi) - S_{j-1, N+v}^{(\alpha-1)}(\alpha) \times \\ \times \beta_{\text{mod}_N(\xi, k)}^{(v)}(i), \alpha-1 \leq (j-1)N+v, \\ \beta_{\text{mod}_N(\xi, k)}^{(v)}(\lfloor \xi/N \rfloor + 1), \\ \alpha = (j-1)N+v, \lfloor \xi/N \rfloor \neq 0, \\ \beta_{\text{mod}_N(\xi, k)}^{(v)}(\lfloor \xi/N \rfloor), \\ \alpha = (j-1)N+v, \lfloor \xi/N \rfloor = 0. \end{cases} \quad (37)$$

$m_{x/z}^{(k, N-1)}(l, i)$ - условное математическое ожидание последовательности $\{X'\}$ при условии, что известны значения

$$Z^\lambda(\mu) = z^\lambda(\mu), \lambda = \overline{1, N-1}, \mu = \overline{1, k}.$$

Для определения плотностей распределения случайных коэффициентов $W_i^{(\lambda)}, i = \overline{1, l}, \lambda = \overline{1, N-1}$ также может быть применен подход непараметрических оценок парзеновского типа.

При наличии погрешностей измерения последовательность операций алгоритма оценки надежности технических объектов сохраняется, изменяются лишь его параметры (каноническое разложение соответствует выражению (26), значения условного математического ожидания вычисляются с помощью формулы (35) или (36), изменяются плотности распределения моделируемых случайных коэффициентов).

ВЫВОДЫ

Таким образом, получена информационная технология оценки вероятности безотказной работы технических объектов в будущие моменты времени при различном характере измерений (при наличии и без погрешностей). В основу технологии положена модель полиномиального канонического разложения слу-

чайной последовательности изменения значений контролируемого параметра. В отличие от известного решения [1,2] процедура учитывает нелинейные стохастические свойства исследуемой случайной последовательности, что позволяет повысить достоверность операции прогнозирующего контроля надежности технических объектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кудрицкий В.Д. 1982: Прогнозирующий контроль радиоэлектронных устройств. — К.: Техніка, — 168.
2. Кудрицкий В.Д. 2001: Фильтрация, экстраполяция и распознавание реализаций случайных функций. — К.: ФАДА, ЛТД, — 176.
3. Пугачев В.С. 1962: Теория случайных функций и ее применение. — М.: Физматгиз, — 720.
4. Атаманюк І.П. 2000: Поліноміальний канонічний розклад скалярного випадкового процесу зміни параметрів радіоелектронних пристроїв. // Вісник ЖІТІ. — №13. — С. 99-101. Технічні науки.
5. Атаманюк І.П. 2002: Полиномиальный алгоритм оптимальной экстраполяции параметров стохастических систем. // Управляющие системы и машины. — №1. — 16-19.
6. Parzen E. 1962: On the estimation of probability density function and the mode // Ann. Math. Stat. V. 33. P. 1065-1076.
7. Атаманюк І.П. 2011: Алгоритм определения оптимальных параметров полиномиального фильтра-экстраполятора Винера для нестационарных случайных процессов, наблюдаемых с погрешностями. // Кибернетика и системный анализ. — №2. — 154-159.
8. Atamanyuk I., Kondratenko Y. 2011: Algorithm of extrapolation of nonlinear casual process on the base of its canonical decomposition. Proceedings of the First International Workshop Critical Infrastructure Safety and Security (CrISS-DESSERT'11). Edited by V.Kharchenko, T.Tagarev (11-13 May, 2011, Kirovograd, Ukraine), Publ. by National Aerospace Uni-

- versity named after N.E.Zhukovsky "KhAF", Volume 2, 308-314.
9. Адлер Ю. П. 1979: Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. – М.: Наука, – 226.
 10. Долидзе Д. Е. 1975: Испытания конструкций и сооружений. М.: Высшая школа, – 252.
 11. Надежность и эффективность в технике. Т.9 «Техническая диагностика» под ред. Ключева В.В., Пархоменко П.П. –М.: Машиностроение, 1987.— 352.
 12. Левин Б.Р. 1975: Теоретические основы статистической радиотехники. -М.: Сов. радио. — 392.
 13. Атаманюк И.П. 2001: Алгоритм реализации нелинейной случайной последовательности на базе ее канонического разложения // Электронное моделирование. — №5.с.38-46
 14. Васильев Б. В. Прогнозирование надежности и эффективности радиоэлектронных устройств. - М.: Сов. радио, 1970.- 335 с.
 15. Епанечников В.А.1969: Непараметрическая оценка многомерной плотности вероятности. // Теория вероятностей и ее применение. — №1. — 156-161.
 16. Рубан А.И. 1977: Непараметрические процедуры сглаживания результатов эксперимента // В сб.: Системы управления, вып. 2. – Томск. Изд. Томского ун-та, — 46-54.
 17. Кудрицкий В.Д. 1973: Прогнозирование надежности радиоэлектронных устройств.-К.:Техніка, —156.
 18. Колмогоров А.Н. Интерполирование и экстраполирование стационарных случайных последовательностей // Изв. АН СССР. Сер. математическая, 1941. – Т. 5, №1.— 3-14.
 19. Винер Н. 1949: Экстраполяция, интерполяция и сглаживание стационарных временных последовательностей с инженерными приложениями. – Нью-Йорк: Дж. Вилей, — 250.
 20. Ширяев А.Н. 1980: Вероятность. – М.: Наука, —576.
 21. Kalman R.E. 1960: A new approach to linear filtering and prediction problems. – Trans. ASME series D, J. Basic Engg., v. 82 (Series D),— 35-45.
 22. Справочник по прикладной статистике 1990: – М.: Финансы и статистика, – Т. 2. – 526.
 23. Н.И. Ахиезер. 1961: Классическая проблема моментов и некоторые вопросы анализа, связанные с ней. М.: Государственное издательство физико-математической литературы, — 311.
 24. Леман Э. 1979: Проверка статистических гипотез. —М.: Наука, — 408.
 25. Справочник по прикладной статистике.1990: т. 2.-М.: Финансы и статистика,. —525.
 26. Атаманюк И.П. 2010: Полиномиальный стохастический алгоритм распознавания реализации случайной последовательности на базе аппарата канонических разложений // Motorola V 12A, — 78-83.
 27. Атаманюк И.П Кондратенко Ю.П. 2011: Информационная технология оптимальной полиномиальной экстраполяции реализации случайного процесса с фильтрацией погрешностей измерений // Motorola V 13A, — 5-12.

POLYNOMIAL STOCHASTIC
ALGORITHM OF FORECASTING
RELIABILITY OF TECHNICAL
OBJECTS ON THE BASIS OF THE
DEVICE OF CANONICAL
DECOMPOSITION

Abstract. The algorithm of estimation of probability of faultless work of technical objects is offered in future moments of time. Polynomial canonical decomposition of casual sequence of change of values of the controlled parameter is fixed in basis of algorithm.

Key words: casual sequence, canonical decomposition.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОЧИСТКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ВОД

Наталья Кулалаева*, Валерий Михайлюк**, Игорь Петров**

* Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова
** Николаевский государственный аграрный университет

* 54025, г. Николаев, пр. Героев Сталинграда, 9

** 54030, г. Николаев, ул. Крылова 17 а

Аннотация. Статья посвящена исследованию особенностей применения нанотехнологии для очистки нефтесодержащих вод путем формирования организованной среды в системе “нефтесодержащая вода – коалесцирующий сорбент, модифицированный полимерным катионным поверхностно-активным веществом” у поверхности сорбента коалесцирующего типа.

Ключевые слова: очистка воды, организованная среда, полиэлектролит, коалесцирующий сорбент, нефтепродукты.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема снижения экологической опасности от поступления нефтепродуктов (НП) в гидросферу с технологическими водами объектов хозяйствования и транспорта, не смотря на усилия, прикладываемые обществом, не теряет своей актуальности. Загрязнение НП водных объектов приводит к следующим экологическим проблемам:

- изменению биоценоза загрязненных акваторий (токсичность НП, нарушение кислородного баланса);
- развитию на нефтяной пленке микроорганизмов, отрицательно влияющих на водных обитателей;
- повышению растворимости пестицидов, тяжелых металлов, синтетических ПАВ в присутствии НП (влияние их экстрагирующей способности);
- канцерогенному и мутагенному воздействию составляющих ароматической фракции НП.

Опасное влияние НП на водную флору и фауну в конечном итоге несет опасность для жизни человека. Как правило, НП поступают в водоемы в виде нефтесодержащих вод (НСВ). При этом, следует отметить, что Украина является одной из малообеспеченных водой стран с запасами порядка 97,3 км³ (в маловодные годы – 66 км³). Основным потребителем водных ресурсов является промышленность.

Загрязнение водоемов НП осуществляется за счет транспортных перевозок (как обычных, так и при авариях), выноса НП речными стоками, а также промышленных и городских стоков. Количественные характеристики загрязнения водных объектов представлены в табл. 1.

Концентрация мелкодисперсных и растворенных НП в нефтесодержащих водах (НСВ) может достигать значений - до 1000 мг/дм³. В данной связи возникает необходимость в разработке и использовании новых, эффективных технологий очистки воды от нефтепродуктов. Последнее, как правило, вызывает определенные трудности, особенно когда это касается разделения низкоконцентрированных НСВ.

Существует множество методов разделения НСВ, среди которых наибольшее применение получили коагуляция, коалесценция, фильтрация и сорбция. Объединение перечисленных методов значительно повысило эффективность существующих технологий очистки [1, 2, 3, 4]. Широкое применение в них получили устройства фильтрующе-коалесцирующего типа. При коалесценции происходит перемещение диффузионного потока между зернами дисперсной фазы и коалесцирующей загрузкой, что обусловлено разностью химических потенциалов, устанавливающейся между поверхно-

стями зерен в соответствии с уравнением Гиббса-Томпсона, из которого следует, что химический потенциал плоской поверхности раздела отличается от химического потенциала искривленной поверхности раздела.

Таблица 1. Количественные характеристики загрязнения гидросферы НП

Table 1. Quantitative characteristics of pollution of the hydrosphere petrochemical

Источник загрязнения	Общее количество, млн. т/год	Содержание, %
Транспортные перевозки в том числе: обычные перевозки; аварии, катастрофы	2,13 1,83 0,3	4,9 30,0 4,9
Вывос речными стоками	1,9	31,1
Атмосферные осадки	0,6	9,8
Природные источники	0,6	9,8
Промышленные отходы	0,3	4,9
Городские отходы	0,3	4,9
Отходы прибрежных нефтеперерабатывающих заводов	0,2	3,3
Добыча нефти в откры- том море, в том числе обычные операции, аварии	0,08 0,02 0,06	1,3 0,3 1,0
Всего:	8,32	100

Процесс диффузии между зернами приводит к тому, что мелкие зерна становятся еще меньше, а более крупные растут. Механизм явления «перехвата» (слияния) заключается в различии в насыщенности групп: у капель НП один состав метиленовых и метильных групп, а у олеофильных КС – другой, где указанных групп намного больше. В результате возникает градиент химического потенциала, под действием которого капли НП или осаждаются на коалесцирующей поверхности сорбента, или сливаются с более крупной частью уже находящейся на ней.

Устройства данного типа отличаются приемлемыми массогабаритными характеристиками и очистной способностью, доступны в эксплуатации. Однако специфические особенности реализации процесса коалесценции, такие как многоступенчатость ее реализации, упругое рассеивание и броуновская диффузия усложняют их использова-

ние для качественной очистки НСВ. В большей степени эти особенности проявляются в приповерхностных слоях коалесцирующих сорбентов (например, синтетических органополимерных ионитах). Поэтому при обработке НСВ в устройствах с коалесцирующими сорбентами (КС) сохраняются капли дисперсной фазы, которые не коалесцируют и, кроме того, происходит их дополнительное измельчение. К тому же, эти явления происходят на наноуровне. В данной связи минимизация действия указанных особенностей возможна только в результате воздействия на явления, присущие приповерхностным слоям КС, что может быть реализовано посредством привлечения соответствующих нанотехнологий.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Исследование особенностей применения нанотехнологии очистки нефтесодержащих вод путем формирования организованной среды у поверхности сорбента коалесцирующего типа в системе «нефтесодержащая вода – коалесцирующий сорбент, модифицированный полимерным катионным поверхностно-активным веществом».

АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Современные технологии эффективной очистки воды от нефтепродуктов в большинстве своем содержат устройства, использующие фильтрующе – коалесцирующие сорбенты *SKIT-3, TC-HD, BFKA* (Германия); *DVZ-VC L-MASTE* (Норвегия- Германия); *Hamworthy* (Англия); СКМ, Ситон, Аква-Тих (Россия); УСФА (Украина); УКФ (Литва), *HELSON, HELI-SEP, SAREX* (США)). Им присуща высокая эффективность очистки, устойчивость работы при колебаниях входной концентрации нефтепродуктов (НП), значительная удельная производительность, простота изготовления, эксплуатации, длительный межрегенерационный период [5, 6, 7, 87, 8, 9, 10].

Коалесценция капель НП, находящихся в НСВ, при фильтровании через олеофильные материалы является ре-

зультатом сложного взаимодействия адгезионных и гидродинамических сил, при котором на поверхности коалесцирующего сорбента образуется движущаяся пленка дисперсной фазы, постоянно или периодически удаляемая из объема фильтра. [11].

Материал, предназначенный для использования в качестве коалесцента, должен иметь низкое значение свободной поверхностной энергии. Этого можно достичь как благодаря его природным физико-химическим свойствам (полиэтилен, полистирол), так и путем гидрофобизации поверхности гидрофильного материала (кварц, стекло).

Отметим, что специфические явления сопровождающие реализацию процесса коалесценции, происходящие на наноуровне, значительно снижают его эффективность. Динамика реализации процесса коалесценции нефтяных капель (НК) на коалесцирующем сорбенте представлена на рис.1.

Находят применение как коалесцирующие сорбенты, также гранулированные материалы (песок, полиэтилен, полипропилен и т.д.) [4, 5]. Следует отметить, что коалесценция принадлежит к регенеративным методам, поскольку вследствие процессов, происходящих при ее реализации, НСВ разделяется на две части, одной из которых является вода, а другой – отделенные НП. Причем, их вторичное применение экономично перспективно.

Речь идет о генерации вторичных капель-сателлитов, образующихся в пограничном слое КС при разрыве пленки воды смачивающей его поверхность. Удаление же их из потока НСВ представляет серьезную трудность, которая может быть устранена путем снижения значения свободной поверхностной энергии КС.

Для этих целей широко используются поверхностно-активные вещества. Известны научные разработки в области модификации поверхности сорбирующих материалов в Украине и за рубежом [12, 13, 14, 15, 16, 17] по регулированию определенных свойств их поверхности соответствующими веществами в зависимости от последующего

применения, в том числе и с целью снижения величины свободной поверхностной энергии. Так, поведение поверхностно-активных веществ в водных средах при формировании организованной среды изучалось в работах [18, 19, 20, 21]. При этом, в рассматриваемых работах не освещено влияние организованной среды на коалесценцию капель нефтепродукта.

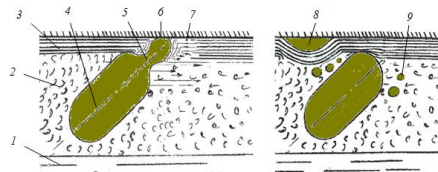


Рис.1. Схема трансформации НК в пограничном слое КС:

1 – ламинарный поток НСВ; 2 – пограничный турбулентный слой; 3 – ламинарный пограничный слой с повышенной плотностью; 4 – капля НП; 5 – шейка НК; 6 – точка контакта НК с поверхностью КС; 7 – поверхность коалесцирующего сорбента; 8 – скоалесцировавшая часть НК; 9 – капли-сателлиты

Fig.1 Scheme of transformation of mineral oil droplets in the boundary layer of coalescent:

1 – laminar flow of oily water; 2 – turbulent boundary layer; 3 – laminar boundary layer with overdensity; 4 – a drop of mineral oil; 5 – neck of the oil droplets; 6 – point of contact of the oil droplet with the surface of coalescent sorbent; 7 – the surface of coalescing sorbent; 8 – the part of the drop of mineral oil which has been coalesced; 9 - drops-sattelites

На основании проведенного анализа литературных источников можно сделать вывод, что вопросам коалесценции, модифицированию КС различными типами поверхностно-активными веществами, их поведению в водной среде уделено значительное внимание ученых. В то же время отсутствуют исследования о влиянии организованной среды на коалесценцию капель нефтепродукта.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Наиболее эффективным путем решения данной проблемы является создание организованной среды в приповерхностных слоях коалесцирующих сорбентов. Свойства и структуру приповерхностного слоя КС качественно изменяет присутствие здесь поверхностно-активных веществ (ПАВ). Особенно это касается полимерных полиэлектролитов (ПЭ). Наличие последних на поверхности КС является причиной резкого изменения диэлектрической проницаемости, микровязкости, микрополярности и других физико-химических свойств пограничного слоя дисперсионной среды, что позволит предотвратить ступенчатость коалесценции, упругое рассеивание и броуновскую диффузию, а также повысить эффективность очистки воды от нефтепродуктов. Физико-химическая модель организованной среды у поверхности КС представлена на рис.2.

Наиболее перспективным является нанесение полиэлектролитов на поверхность ионита за счет ионного обмена. Однако нанесение ПЭ на поверхность ионитов является достаточно сложной задачей. Обусловлено это изменением конформационного состояния полиэлектролитов в зависимости от физико-химических свойств растворов.

Качественное изменение структуры межфазного пограничного слоя КС обеспечивает наличие поверхностно-активных веществ, которые значительно снижают поверхностное натяжение воды. Еще одним преимуществом полиэлектролитов является их способность к эффективному взаимодействию с ионообменными материалами.

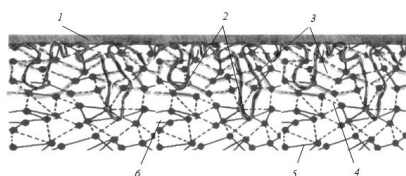


Рис.2. Структура приповерхностного слоя коалесцирующего сорбента: 1 – поверхность КС; 2 – фрагменты полиэлектролита, привитые к поверхно-

сти КС; 3 – слой с нарушенной структурой воды; 4 – слабые водородные связи; 5 – сильные водородные связи; 6 – слой структурированной воды

Fig.2 Physical and chemical model of the organized environment at a surface of coalescing sorbent.

1 – a surface of coalescing sorbent; 2 – fragments of the polyelectrolyte which are grafted to the surface of the coalescing sorbent; 3 – layer with the disturbed water structure; 4 – weak hydrogen bonds; 5 – strong hydrogen bonds; 6 – layer of structured water

Для создания нанотехнологии очистки НСВ от НП необходимо было решить следующие научные задачи:

– разработать математическую модель, адекватно отражающую процессы, происходящие в межфазных пограничных слоях системы «нефтедержащая вода – КС (сильнокислотный сульфокатионит КУ-2-8, модифицированный полимерным катионным поверхностно-активным веществом ВПК-402)».

– определить оптимальные условия реализации процессов коалесценции водонефтяной эмульсии при очистке технологических сточных вод в зависимости от структурных особенностей коалесцирующего сорбента.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Наиболее эффективным путем решения данной проблемы является создание организованной среды в приповерхностных слоях коалесцирующих сорбентов. Свойства и структуру приповерхностного слоя КС качественно изменяет присутствие здесь поверхностно-активных веществ (ПАВ). Особенно это касается полимерных полиэлектролитов (ПЭ). Наличие последних на поверхности КС является причиной резкого изменения диэлектрической проницаемости, микровязкости, микрополярности и других физико-химических свойств пограничного слоя дисперсионной среды, что позволит предотвратить ступенчатость коалесценции, упругое рассеивание и бро-

уновскую диффузию, а также повысить эффективность очистки воды от нефтепродуктов. Физико-химическая модель организованной среды у поверхности КС представлена на рис.2.

Наиболее перспективным является нанесение полиэлектролитов на поверхность ионита за счет ионного обмена. Однако нанесение ПЭ на поверхность ионитов является достаточно сложной задачей. Обусловлено это изменением конформационного состояния полиэлектролитов в зависимости от физико-химических свойств растворов.

Качественное изменение структуры межфазного пограничного слоя КС обеспечивает наличие поверхностно-активных веществ, которые значительно снижают поверхностное натяжение воды. Еще одним преимуществом полиэлектролитов является их способность к эффективному взаимодействию с ионообменными материалами.

Для создания нанотехнологии очистки НСВ от НП необходимо было решить следующие научные задачи:

– разработать математическую модель, адекватно отражающую процессы, происходящие в межфазных пограничных слоях системы «нефтедержащая вода – КС (сильнокислотный сульфокатионит КУ-2-8, модифицированный полимерным катионным поверхностно-активным веществом ВПК-402)».

– определить оптимальные условия реализации процессов коалесценции водонефтяной эмульсии при очистке технологических сточных вод в зависимости от структурных особенностей коалесцирующего сорбента.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ НК В ПОРОВОМ КАНАЛЕ КС

Процесс коалесценции НК с поверхностью контакта существенно зависит от уровня гидратации НК (устойчивости их гидратных оболочек) и энергетического потенциала остаточного гидратного слоя на площади контакта. Чем меньше гидратирована НК, тем легче разрывается её гидратная оболочка при приближении НК к поверхности контакта, поскольку

такое положение соответствует минимуму энергии системы. Определяющее влияние здесь имеет величина двойного электрического слоя (ДЭС) на границе раздела фаз. ДЭС обуславливает возникновение энергетического барьера, мешающего сближению НК на расстояние, при котором действуют интенсивные силы молекулярного притяжения. Стабильность разбавленных эмульсий, которыми являются НСВ, связана с электрическими свойствами поверхностей контактирующих элементов (частиц) [22]. Капли, имеющие на поверхности электрические заряды одного знака, отталкиваются, и поэтому их слияния (коалесценции) не происходит. При приближении контактирующих поверхностей на очень близкое расстояние одна от другой, их диффузионные слои частично перекрываются и взаимодействуют. Это взаимодействие происходит в ионной прослойке дисперсионной среды, разделяющей поверхности контакта. Следовательно, устойчивость НСВ определяется, главным образом, свойствами этих тонких жидких слоев. Именно они являются объектами формирования организованной среды.

Уравнение движения НК от внешней границы пристенного слоя порового канала к поверхности КС имеет вид:

$$m \cdot \frac{d^2 y}{dt^2} = F_{II} - F_C - F_{\text{Э}} + F_M, \quad (1)$$

$$F_{II} = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3 \cdot \Delta \rho \cdot g;$$

где: F_{II} – подъемная сила, определяется по зависимости

$$F_C = 6 \cdot \pi \cdot \mu \cdot R \cdot v \cdot j(x),$$

F_C – сила сопротивления среды, определяется по формуле

$$j(x) = 3 + \frac{3}{2 \cdot x} - \frac{1}{2 \cdot x \cdot (x+1)} - 3 \cdot (x+1) \cdot \ln \left(1 + \frac{1}{x} \right);$$

$F_{\text{Э}}$ – сила электростатического взаимодействия, определяется из выражения

$$F_{\text{Э}} = 2 \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot \chi^2 \cdot \varphi_{\sigma}^2 \cdot e^{-\chi y} \cdot S;$$

зависимость для силы молекулярного взаимодействия НК с поверхностью КС с учетом теории Гамакера имеет вид:

$$F_M = \frac{A}{6R} \cdot q(x), \quad \text{где } R \text{ – радиус НК, а } q(x)$$

находится из $q(x) = \frac{1}{x+1} + \frac{1}{(x+1)^2} - \frac{1}{x} + \frac{1}{x^2}$,

$$x = \frac{y}{0,3R}$$

В данных зависимостях m – масса НК, $m = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3 \cdot \rho_H$, кг; ε – диэлектрическая проницаемость среды, $\varepsilon \approx 80$;

ε_0 – электрическая постоянная $8.86 \cdot 10^{12}$ Ф/м; χ – дебаевский радиус экранирования; $1/\chi = 3,06\sqrt{c}$; φ_σ – значение электрического потенциала, 50 мВ; S – площадь двойного перекрытия электрических слоев; y – поперечная координата НК; $S = 2\pi R / \chi$; ρ_H – плотность нефтепродукта, кг/м³; $\Delta\rho$ – разность плотностей воды и нефтепродукта, кг/м³; μ – динамический коэффициент вязкости, Па·с, g – ускорение свободного падения, м/с².

С учетом зависимостей для m , F_{II} , F_C , F_Δ , и $x = y/0,3R$, представим развернутое уравнение движения НК в потоке НСВ к пристенной зоне КС. Оно имеет следующий вид:

$$\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3 \cdot \rho_H \cdot \frac{d^2x}{dt^2} = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3 \cdot \Delta\rho \cdot g - 6 \cdot \pi \cdot \mu_0 \cdot R \cdot \frac{dx}{dt} \cdot j(x) + \frac{A}{6 \cdot R} \cdot q(x) - 2 \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot \chi^2 \cdot \varphi_\sigma^2 \cdot \exp\left(-\frac{\chi}{xR}\right) \cdot S \quad (2)$$

На рис. 3. представлена расчетная схема движения НК в канале коалесцирующего сорбента

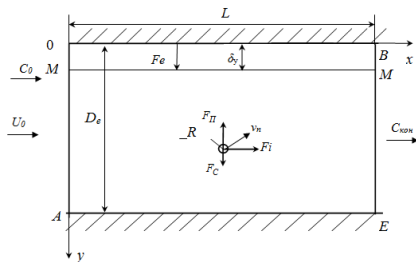


Рис.3. Расчетная схема движения НК в канале коалесцирующего сорбента: L – длина порового канала, м; C_0 , $C_{кон}$ – концентрации НП в НСВ; соответственно на входе в канал и на выходе из него, мг/дм³; U_0 – осевая скорость движения НК в поровом канале, м/с; D_9 – эквивалентный диаметр порового канала; δ_y – толщина пристенной зоны; R – радиус НК, м.

Fig.3 Design scheme of movement a drop of mineral oil in the channel of coalescing

sorbent: L – the length of the pore channel, m; C_0 , $C_{кон}$ – concentration of drop of mineral oil in oily water; Accordingly, at the channel entrance and exit from it, mg/dm³; U_0 – Axial velocity of movement of drop of mineral oil in the pore channel, m/s; D_9 – equivalent diameter of the pore channel; δ_y – The thickness of the wall area; R – Radius of the drop of mineral oil, m

Решая представленное выше уравнение с учетом зависимости Пуазейля можно определить оптимальную длину порового канала КС из следующей зависимости:

$$L_{min\ opt} = \frac{3}{8} \sqrt{\frac{\Delta p \cdot D_9^3}{\Delta \rho \cdot g \cdot R^2}}$$

где Δp – перепад давления, Па.

И, кроме того, величину безразмерного критерия коалесценции в поровых каналах КС:

$$\chi = \frac{L^2 \cdot \Delta \rho \cdot g \cdot R^2}{\Delta p \cdot D_9^3 \cdot (1 + t_2 / t_1)}$$

для КС типа КУ-2-8 $\chi \geq 0,14$.

Приведенные математические зависимости позволяют также прогнозировать максимальную очистную способность КС. Для конечной концентрации НП ($C_{кон}$) зависимость имеет вид:

$$C_{кон} = C_0(1 - \eta), \quad (3)$$

где η – коэффициент, характеризующий эффективность коалесценции, то есть учитывающий влияние организованной среды. Запишем выражение для очистной способности модифицированного КС с учетом приведенной выше зависимости:

$$\varphi = 1 - \frac{C_{кон}}{C_0} = 1 - \frac{C_0(1 - \eta)}{C_0} = \eta$$

Поскольку $\eta \leq 1$, то в рассматриваемом случае конечная очистная способность φ модифицированного КС удовлетворяет неравенству $\varphi \leq \eta$.

Раскроем содержание коэффициента η для $L < L_{min\ opt}$. С этой целью было составлено уравнение материального баланса НП в поровом канале КС:

$$D_9^2 \cdot L_{min\ opt} \cdot C_0 - D_9^2 \cdot L \cdot \eta \cdot C_0 = D_9^2 \cdot L_{min\ opt} \cdot C_{кон}$$

После приведения подобных и сокращения постоянных членов получили:

$$C_{кон} \cdot L_{min\ opt} = C_0 (L_{min\ opt} - L \cdot \eta).$$

Отсюда:

$$C_{кон} = C_0 \left(1 - \frac{L}{L_{min\ opt}} \cdot \eta\right). \quad (4)$$

Сравнив выражения (3) и (4), получили:

$$\eta = \frac{L}{L_{min\ opt}}, \quad L < L_{min\ opt}. \quad (5)$$

Таким образом, с учетом (5) конечная очистная способность должна удовлетворять неравенству:

$$\varphi \leq \frac{L}{L_{min\ opt}}. \quad (6)$$

Подставив в (6) значение $L_{min\ opt}$ получили:

$$\varphi \leq \frac{3}{8} \cdot \sqrt{\frac{\Delta\rho \cdot g \cdot R^2}{\Delta\rho \cdot D_3^3 \cdot (1 + t_2/t_1)}} \cdot L, \quad (7)$$

где $L < L_{min\ opt}$.

Как видно из (7), конечная очистная способность КС будет тем выше, чем выше температура среды, больше радиус НК, меньше D_3 и перепад давления $\Delta\rho$.

Кроме этого, анализ дисперсного состава НП на входе и выходе из коалесцирующего устройства показал, что при использовании не модифицированного КС, существенно возрастает количество мелкодисперсных НК (рис. 4, кривая 1) по сравнению с имеющимися исходной НСВ, а при использовании модифицированного КС их содержание значительно ниже (кривая 3).

Такое можно объяснить влиянием ступенчатости процесса коалесценции на поверхности не модифицированного катионита и изменением физико-химических характеристик пограничного слоя воды вследствие наличия на границе раздела фаз макромолекул ПЭ. При этом разрыв водной пленки трансформируется в растекание, что в свою очередь снижает энергию коалесценции частиц нефти на поверхности КС.

Для перспективных конструктивных решений при создании коалесци-

рующих элементов на основе математического моделирования движения НК в коалесцирующем канале определены оптимальные условия процесса коалесценции. Исходя из полученных результатов предложено конструктивное решение перспективных очистных устройств, рис. 5.

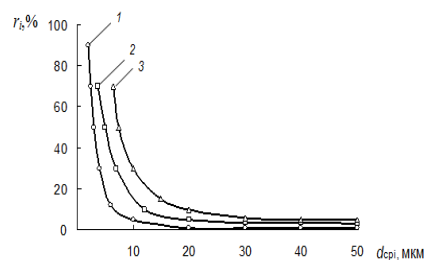


Рис. 4. Характеристика дисперсного состава НСВ до и после очистки: 1 – кривая, характеризующая дисперсный состав НСВ после КС; 2 – перед подачей на очистку; 3 – после очистки на модифицированном КС.

Fig.4 The characteristics of disperse structure of the oily water before and after cleaning: 1 –The curve that characterizes disperse structure of the oily water after coalescing sorbent ; 2 –before serving to cleaning up; 3 – after cleaning up on the modified coalescing sorbent.

Работа данного устройства осуществлялась следующим образом. Исходная НСВ посредством патрубка 12 подавалась в верхнее основание 10 корпуса 14 и через распределительные устройства 6, отверстия 13 в верхней промежуточной плите 5, щелевые колпачки 3 поступала на КС, где происходило отделение НП с помощью сорбционно-коалесцирующего воздействия на НСВ. Укрупнившиеся НК гравитационно всплывали в нефтесборник 7, образованный верхним основанием 10 и сеткой 11, откуда с помощью лейки 8 и патрубка 9 выводились за пределы очистного устройства. Очищенная вода, после прохождения щелевых колпачков 3 и отверстий 13 в нижней промежуточной плите 2, через патрубок 1 выводилась из устройства. С помощью патрубков 16, 9 осуществлялось про-

мывания фильтрующего устройства обратным потоком воды.

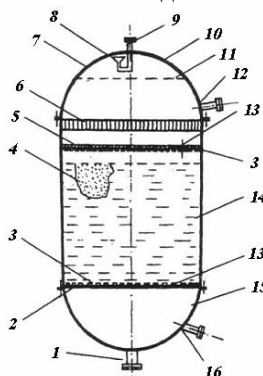


Рис. 5. Устройство, реализующее нанотехнологию очистки НСВ: 1 – патрубок вывода очищенной воды; 2 – нижняя промежуточная плита; 3 – щелевые колпачки; 4 – загрузка; 5 – верхняя промежуточная плита; 6 – распределитель потока; 7 – нефтесборник; 8 – воронка; 9 – патрубок отвода нефтепродуктов; 10 – верхнее основание; 11 – сетка; 12 – патрубок подвода воды; 13 – отверстия; 14 – цилиндрический корпус; 15 – нижнее основание; 16 – патрубок подвода промывочной воды.

Fig.5 A device that implements the nanotechnology of cleaning oily water 1– the pipe for cleared water output; 2 – lower intermediate plate; 3 – Slotted Caps; 4 – download; 5 – upper intermediate plate; 6 – Flow distributor; 7 – petro-collection; 8 – funnel; 9 – the pipe for water drainage; 10 – top basis; 11 – grid; 12 – the pipe for water supply; 13 – holes; 14 – cylindrical body; 15 – lower basis; 16 – the pipe for rinsing water supply.

Сравнительные характеристики очистной способности КС приведены в таблице 2. Как видно из таблицы снижение концентрации нефтепродуктов в очищенной воде всегда больше при использовании модифицированного КС, по сравнению с не обработанным.

K_{p1} , K_{p2} – коэффициенты разделения; $K_{p1} = 0,0084$, $K_{p2} = 0,0065$ – усредненные величины; $C_{вход}$, $C_{вых}$ – концентрация НП соответственно на входе и выходе сорбционно-коалесцирующего фильтра с исследованными КС.

Таблица 2. Сравнительная характеристика очистной способности устройства, реализующее нанотехнологию очистки НСВ с исследованными КС

Table 2. Comparative characteristics of the cleansing qualities of the device that implements nanotechnology treatment oily waters studied with КС.

№	τ, ч	КС			Модифицированный КС		
		$C_{вход}$ мг/дм ³	$C_{вых}$ мг/дм ³	K_{p1}	$C_{вход}$ мг/дм ³	$C_{вых}$ мг/дм ³	K_{p2}
1	0,5	35	0,2	0,0057	37	0,2	0,0054
2	2	37	0,2	0,0054	35	0,1	0,0029
3	4	38	0,2	0,0052	37	0,2	0,0054
4	6	35	0,2	0,0061	34	0,2	0,0059
5	8	34	0,2	0,0059	38	0,3	0,0079
6	10	40	0,3	0,0075	37	0,3	0,0081
7	12	38	0,3	0,0079	36	0,1	0,0028
8	14	37	0,3	0,0081	34	0,2	0,0059
9	16	38	0,4	0,0105	31	0,2	0,0065
10	18	33	0,4	0,0121	39	0,2	0,0051
11	20	39	0,4	0,0094	34	0,3	0,0088
12	22	39	0,4	0,0103	32	0,2	0,0063
13	24	37	0,3	0,0081	38	0,3	0,0079
14	26	36	0,3	0,0083	37	0,3	0,0081
15	28	38	0,4	0,0105	36	0,3	0,0083
16	30	39	0,5	0,0128	35	0,3	0,0086

Испытание разработанного устройства (рис.5) на станции очистки нефте-содержащих вод дало положительные результаты, что и подтвердило возможность его широкого использования в условиях хозяйственной деятельности.

ВЫВОДЫ

1. В статье определены физико-химические условия эффективного разделения НСВ методом коалесценции, представлены модифицированные КС и оборудование технологических схем очистки нефте-содержащих вод для защиты водоемов от загрязнений.

2. Повышение эффективности разделения НСВ было достигнуто за счет формирования организованной среды в межфазных пограничных слоях КС, модифицированного полиэлектролитом.

3. Методом математического моделирования поведения капель НП в поровом канале КС определены условия эффективной реализации процесса коалесценции, характеризующиеся величиной безразмерного критерия, $\chi \geq$

0,14. Найдены оптимальные геометрические размеры КС для разделения НСВ; установлена возможность прогнозирования его максимальной очистной способности в зависимости от характеристик НСВ; определен их дисперсный состав.

4. Проведен сравнительный анализ дисперсного состава НСВ перед поступлением их на КС и после очистки. Установлено, что при использовании модифицированного КС по сравнению с исходным КС вероятность коалесценции нефтепродуктов существенно увеличивается (возрастает количество нефтяных частиц больших размеров), при этом степень очистки НСВ повышается на 20 %. Разработанное фильтрующее устройство с модифицированным КС испытано в комплексной технологической схеме станции очистки нефтесодержащих вод.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кулалаева Н. В. 2006 Интенсификация коалесценции нефтепродуктов при выделении из технологических сточных вод / Н. В. Кулалаева, В. А. Михайлюк // Збірник наукових праць НУК. – Миколаїв: НУК., – № 6 (411). 130–138.
2. А. М. Царенко 2003 Межрегиональные проблемы экологической безопасности: сб. трудов симпоз. / под ред. и Л. Г. Филатова. – Сумы: Довкілля., – 114.
3. Михайлюк В. О. 2004 Обгрунтування перспективних технологічних схем суднових систем очищення нафтовмісних вод / В. О. Михайлюк // Зб. наук. праць НУК. – Миколаїв: НУК., – № 6 (339). 67–73.
4. Михайлюк В. А. 2004 Совершенствование элементов технологических схем очистки сточных нефтесодержащих вод / В. А. Михайлюк // Весник БГТУ им. Шухова В. Г. – Ч. 4., № 8. 220–223.
5. Истомин В. И. Предотвращение загрязнения моря нефтью при эксплуатации судов: учебн. пособ. / Истомин В.И.– Севастополь: СевНТУ, 2003. – 100 с.
6. Кулалаева Н. В. 2009 Повышение эффективности очистки ВНЭ формированием организованной среды в межфазных пограничных слоях коалесцентоов / Н. В. Кулалаева // Химия и технология воды. – 31, № 1. 18–29.
7. Кулалаева Н. В. 2006 Особенности глубокой очистки нефтесодержащих сточных вод / Н. В. Кулалаева, А. Н. Чеботарев, В. А. Михайлюк [и др.] // Вісник Одеського Національного університету. – Т. 11, Вып. 2. Хімія. 121–129.
8. Пат. 56441 Україна, МПК⁷ В 01 D 39/08. Матеріал для розділення й очищення незмішуваних рідин / Кулалаєва Н. В., Михайлюк В. О.; заявник і патентотримувач НУК ім. адм. Макарова. – № 2002043518; заявл. 26.04.2002; опубл. 15.05.2003. Бюл. № 5.
9. Седлухо Ю. П. 2001 Механизм разделения эмульсии типа «масло в воде» методом контактной коалесценции / Ю. П. Седлухо // Вода и экология: проблемы и решения. – № 1. – 24–32.
10. Тихомиров Г. И. 2003 Физическое моделирование процесса разделения нефтеводяных смесей в коалесцентной ступени очистки на основе зернистой загрузки из полимерных материалов / Г. И. Тихомиров // Судостроение. – № 5. 37–41.
11. Пат. 54060 Україна, МПК⁷ В 01 D 17/00, С 02 F 1/40. Спосіб очищення нафтовмісних вод і сепаратор для його здійснення / Кулалаєва Н. В., Михайлюк В. О.; заявник і патентотримувач НУК ім. адм. Макарова. – № 2002043540; заявл. 26.04.2002; опубл. 17.02.2003. Бюл. № 2.
12. Вплив умов одержання на гідрофільність високодисперсного пірогенного кремнезему / І. Ф. Миронюк, Є. П. Воронін, Є. М. Пахлов [та ін.] // Укр. хім. журн. – 2002. – Т. 66, № 10. 81–83.
13. Драгинский В. Л. 2000 Повышение эффективности реагентной обработки воды на водопроводных станциях / В. Л. Драгинский, Л. П. Алексеева // Водоснабжение и санитарная техника. – № 5. 11–15.
14. Сергеева И. П., 2003 Исследование свойств гидрофобных поверхностей методом капиллярной электрокинетика / Ермакова Т. Б., Соболев В. Д. [и др.] //

Коллоидный журнал. – Вып. X, ч. 3. 49–52.

15. Пат. 5769 Україна, МПК⁷ В 63 С 7/06. Спосіб евакуації об'єктів з водних глибин / Михайлюк В. О., Кулалаєва Н. В.; заявник і патентоотримувач НУК ім. адм. Макарова. – № 20040806856; заявл. 16.08.2004; опубл. 15.03.2005. Бюл. № 3.

16. Харлов А. Е. 2002 Роль химической модификации в управлении поверхностно-активными свойствами желатины / Магдасси Ш., Камышный А. [и др.] // Вестн. Моск. ун-та. – Т. 43, № 1. 38–43.

17. Тарасевич Ю. И. 2000 Современное состояние исследований в Украине в области химии поверхности, адсорбции и ионного обмена / Ю. И. Тарасевич // Укр. хим. журн. – Т. 66, № 9. 27–36.

18. Мелехов И. В. 2002. Тенденции развития нанохимии / И. В. Мелехов // Журн. Всерос. хим. общ. им. Д. И. Менделеева. — Т. XLVI, № 5. 7–14.

19. Штыков С. Н. 2002. Химический анализ в нанореакторах: основные понятия и применение / С. Н. Штыков // Журнал аналит. химии. – Т. 57, № 10. 1018–1028.

20. Штыков С. Н. 2000. Организованные среды – стратегия, основанная на принципах биоподобия в аналитической химии / С. Н. Штыков // Вісник ХНУ. – № 495, Вип. 6 (29). 9–14.

21. Takashi Masadome. 2003. Use of marker ion and cationic surfactant plastic membrane electrode for potentiometric titration of cationic polyelectrolytes / Takashi Masadome, Toshihiko Imato // Talanta. – 60. № 4. 663–668.

22. Н. В. Чураев 2004. Адсорбция катионного полиэлектролита на кварце из водного раствора фонового электролита при pH 3 // В. Д. Соболев, Т. Б. Ермакова [и др.] // Коллоидный журнал. – Т. 66, № 3. 425–427.

23. Ю. Селезнёв 2007. Технология проектирования изделий из волокнистых композиционных материалов // Ю. Селезнёв, Д. Бабенко, Г. Иванов, П. Полянский, Мотрол № 9А – 222

24. А. Шептилевский 2008. Построение модели сферической оболочки содержащей пузырьки газа в жидкости с учётом волновых явлений возникающих в жидкости // А. Шептилевский, Мотрол № 10 В – 256

RESEARCH OF APPLICATION OF NANOTECHNOLOGY TO CLEAN OILY WATER

Abstract. The article is devoted to research features of using of nanotechnology of cleaning up oily water by the way of forming organized environment in the system of “oily water - coalescing sorbent, modified polymeric cationic surfactant” at the surface of the sorbent of coalescing type.

Key words: water purification, organized environment, polyelectrolyte, coalescing sorbent, mineral oil.

ПРО МАТРИЧНЕ ФУНКЦІОНАЛЬНЕ ЧИСЛЕННЯ ТА ВЛАСТИВОСТІ ДЕЯКИХ МАТРИЧНИХ ОПЕРАТОРІВ

Євгеній Самоїленко

Миколаївський державний аграрний університет
54030, м. Миколаїв, вул. Крилова 17 а

Анотація. В роботі досліджено властивості матричнозначного оператора в гільбертовому просторі елементами якого є неперервні функції від сім'ї обмежених самоспряжених комутуючих операторів та умови оборотності оператора множення на одиничному колі.

Ключові слова: оператор, оборотність, спектр, сумісний спектр

ВСТУП

Будь-який оператор з гільбертового простору над полем комплексних чисел можна представити у вигляді розкладу:

$$C = A + iB,$$

де A та B – самоспряжені оператори. Тому доцільно розглядати самоспряжені оператори як елементи матричних операторів. Для сім'ї обмеженого самоспряженого оператора існує спектральна теорема. Нехай маємо сім'ю обмежених самоспряжених операторів у гільбертовому просторі H :

$$\left\{ A_i = A_i^* \mid i = \overline{1, n} \right\}.$$

Тоді за спектральною теоремою:

$$A_i = \int_{S(\tilde{A})} \lambda_i d\tilde{E}(\Lambda),$$

де: $\Lambda = (\lambda_1, \dots, \lambda_m) \in S(\tilde{A}) \subset R^m$, $\tilde{E}(\Lambda)$ – сумісна спектральна міра, а $S(\tilde{A})$ – сумісний спектр оператора A . Неперервною функцією від сім'ї самоспряжених операторів \tilde{A} називається такий оператор:

$$f(\tilde{A}) = \int_{S(\tilde{A})} f(\lambda_1, \dots, \lambda_m) d\tilde{E}(\Lambda),$$

де $\Lambda = (\lambda_1, \dots, \lambda_m) \in S(\tilde{A}) \subset R^m$, а $f(\lambda_1, \dots, \lambda_m) \in C(R^m, C)$ – неперервна функція, що діє з R^m в множину комплексних чисел C . Нагадаємо, що спектр самоспряженого оператора є підмножиною множини дійсних чисел. Наве-

демо приклади неперервних функцій від самоспряженого обмеженого оператора A . Зокрема:

$$\sqrt{A} = \int_{\sigma(A)} \sqrt{\lambda} dE(\lambda).$$

Оскільки корінь квадратний можна брати від невід'ємних чисел, то необхідно накладати умову невід'ємності спектра оператора якщо маємо дійсно значну функцію. Якщо ж маємо комплекснозначну функцію, то ніяких обмежень не потрібно. Аналогічно можна знайти таку функцію від самоспряженого оператора:

$$\cos A = \int_{\sigma(A)} \cos \lambda dE(\lambda).$$

Як видно з означення знаходження функції від самоспряженого оператора, а також знаходження оберненого оператора пов'язані з проблемою знаходження спектра оператора. Зокрема розв'язання задачі про знаходження оберненого оператора приводить до такої рівності:

$$A^{-1} = \int_{\sigma(A)} \frac{1}{\lambda} dE(\lambda).$$

Звичайно, щоб оператор A^{-1} існував необхідно і достатньо, щоб $\lambda \neq 0$, тобто $\{0\} \notin \sigma(A)$. Функціональне числення від сім'ї обмежених комутуючих операторів є добре дослідженим. Перехід до матричних функцій від сім'ї обмежених комутуючих операторів в цілому є недослідженою областю, хоча в роботах прикладного характеру, зокрема при дослідженні інтегральних операторів

виникають матричні символи. Тому доцільним є узагальнення. Також матричні оператори від сім'ї комутуючих обмежених операторів є некомутуючими операторами. Класи некомутуючих операторів досліджені слабо, тобто багато проблем є просто невирішеними. Якщо $\tilde{A} = \{A_i = A_i^*\}_{i=\overline{1,m}} \subset B(H)$ – сім'я самоспряжених обмежених комутуючих операторів і $\{E_i\}_{i=\overline{1,m}}$ – сім'я їх спектральних мір. Прямим добутком спектральних мір є міра:

$$\begin{aligned} \tilde{E}(\alpha_1 \times \alpha_2 \times \dots \times \alpha_m) &= \prod_{i=1}^m E_i(\alpha_i) = \\ &= E_1(\alpha_1) E_2(\alpha_2) \dots E_m(\alpha_m). \end{aligned}$$

Носієм розкладу одиниці E називається множина:

$$\text{Supp}\{\cap \phi | \phi = \bar{\phi} : E(\phi) = I\},$$

тобто перетин усіх замкнених множин повної міри. Сумісним спектром сім'ї самоспряжених комутуючих операторів називається множина:

$$S(\tilde{A}) = S(A_i | i = \overline{1,m}) := \text{Supp} \tilde{E},$$

тобто носій добутку спектральних мір. За означенням, має місце наступне включення:

$$S(\tilde{A}) = \text{Supp} \tilde{E} \subseteq \prod_{i=1}^m \text{Supp} E_i = \prod_{i=1}^m \sigma(A_i),$$

де: $\sigma(A_i)$ – спектр оператора A_i , $i = \overline{1,m}$.

ПРО МАТРИЧНІ ОПЕРАТОРИ ТА ЇХ ВЛАСТИВОСТІ

Нехай матричний оператор G має вигляд:

$$G = \{F_{ij}(\tilde{A}) = F_{ij}(A_1, \dots, A_m) | i, j = \overline{1,n}\},$$

$G: H^n \rightarrow H^n$ – матричний оператор елементами якого є функції від сім'ї обмежених комутуючих операторів. Нехай:

$$F(\Lambda) = \{F_{ij}(\Lambda) = F_{ij}(\lambda_1, \dots, \lambda_m) | i, j = \overline{1,n}\},$$

тобто $F(\Lambda)$ – неперервна матричнозначна функція:

$$F(\Lambda): U(S(\tilde{A})) \rightarrow C^{n \times n},$$

де U – окіл, що містить сумісний спектр S . Позначимо:

$$\Delta(G) := \det(F_{ij}(\tilde{A})),$$

тут $\Delta(G)$ – функція-визначник від сім'ї комутуючих самоспряжених операторів, а:

$$\Delta(\Lambda) := \det(F_{ij}(\Lambda)),$$

де $f(\lambda_1, \dots, \lambda_m) \in S(\tilde{A})$. Виникає природне запитання про знаходження розв'язку системи лінійних операторних рівнянь:

$$Gx = y,$$

де: $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$,

$y = (y_1, y_2, \dots, y_n)^T$, тобто

$$\left\{ \sum_{j=1}^n F_{ij}(\tilde{A}) x_j = y_i, i = \overline{1,n} \right\}.$$

Якщо існує обернений оператор G^{-1} , тоді розв'язок системи рівнянь знайдемо за формулою:

$$x = G^{-1} y.$$

Оператор G оборотний тоді і тільки тоді, коли $\forall \Lambda \in S$ виконується:

$$\Delta(\Lambda) \neq 0.$$

Справді, нехай $\forall \Lambda \in S$ виконується:

$$\Delta(\Lambda) \neq 0,$$

тоді можна побудувати алгебраїчно оборотний оператор:

$$B(\Lambda) = (F(\Lambda))^{-1},$$

а отже існує оператор $B(\tilde{A})$ такий, що:

$$GB = I.$$

Нехай:

$$\exists \Lambda \in S : \Delta(\Lambda) = \det(\{\lambda_{ij}\}_{i,j=\overline{1,n}}) = 0, \text{ тоді}$$

$\exists g$, де: g – власний вектор оператора множення $F(\Lambda)$. Скористаємося відомим критерієм з функціонального аналізу. Для цього виберемо послідовність ненульових елементів з гільбертового простору H^n , причому вибиратимемо такий елемент так, щоб його норма дорівнювала одиниці. Іншими словами, виберемо елемент з одиничної кулі в

гільбертовому просторі H^n . Позначимо $\forall z \geq 1$:

$$0 \neq g^{(z)} := \tilde{E} \left(\left(\lambda_1 - \frac{1}{z}, \lambda_1 + \frac{1}{z} \right) \times \dots \times \left(\lambda_m - \frac{1}{z}, \lambda_m + \frac{1}{z} \right) \right) g$$

(відмітимо, що E – проєктор). Вибраний таким чином елемент $g^{(z)}$ не є елементом з одиничною нормою. Але цей елемент можна нормувати, адже він ненульовий. Позначимо нормований елемент таким чином:

$$y^{(z)} := \frac{g^{(z)}}{\|g^{(z)}\|},$$

а отже

$$\|y^{(z)}\| = 1, \quad \forall z \geq 1.$$

Додаємо і одночасно віднімаємо один і той же член $\{\lambda_{ij}\}_{i,j=1,n}$, при цьому

отриманий вираз легко піддається аналізу. Маємо:

$$Gy^{(z)} = \left(\{F_{ij}(\Lambda) - \lambda_{ij}\}_{i,j=1,n} \right) y^{(z)} + \Delta(\Lambda) y^{(z)}.$$

Рівність $\Delta(\Lambda) y^{(z)} = 0$ очевидна. Таким чином:

$$\|(\{F_{ij}(\Lambda) - \lambda_{ij}\}_{i,j=1,n} y^{(z)})\|^2 = \int_R |\alpha_{ij} - \lambda_{ij}|^2 d(\tilde{E}(\alpha_{ij}) y^z, y^z) \rightarrow 0, \\ z \rightarrow 0.$$

За відомим критерієм оборотності $\|Gy^{(z)}\| \rightarrow 0$, при $z \rightarrow \infty$ та $\|y^{(z)}\| = 1$

Звідки випливає, що оператор G не є оборотним. А це і означає, що оператор G оборотний тоді і тільки тоді, коли відповідний визначник не приймає нульових значень.

Нехай $A = A^* \in B(H)$ – обмежений самоспряжений оператор. Нехай сім'я самоспряжених обмежених операторів задана:

$$\tilde{A} = \{f_1(A), \dots, f_m(A)\},$$

де $\{f_i | i = \overline{1, m}\} \subset C(U(\sigma(A)), R)$, де U – окіл, що містить $\sigma(A)$, тоді:

$$S(\{f_1(A), \dots, f_m(A)\}) = \{(f_1(A), \dots, f_m(A)) | \lambda \in \sigma(A)\}.$$

Дійсно, нехай маємо:

$$E_i(\alpha) = \int_{\sigma(A)} \chi_\alpha(f_i(\lambda)) dE(\lambda),$$

де $\chi(A)$ – характеристична функція, $i = \overline{1, m}$. Тоді запишемо розклад добутку спектрів операторів на дві множини, що не перетинаються:

$$\bigtimes_{i=1}^m \sigma_i = \text{Supp} \tilde{E} \cup \Omega,$$

де сумісна міра будь-якої відкритої множини з Ω дорівнює нулю, якщо ж будь-яка відкрита множина містить точки з $\text{Supp} \tilde{E}$ не дорівнює нулю. Враховуючи, що:

$$\tilde{E}(\alpha_1 \alpha_2 \dots \alpha_m) = \int_R \chi_{\alpha_1}(\lambda) \dots \chi_{\alpha_m}(\lambda) dE = 0,$$

а також врахувавши неперервність f :

$$f(\sigma(A)) = \sigma(f(A)),$$

отримуємо шукану рівність. Наведемо приклад оператора, котрий підтвердить безпомилковість умови оборотності для матричної функції від сім'ї самоспряжених обмежених операторів. Найпростішим прикладом матричного оператора є матричний оператор множення. Нехай маємо гільбертовий простір:

$$H = L_2([0,1], dt),$$

і чотири неперервні функції на одиничному відрізку:

$$f_1, f_2, f_3, f_4 \in C([0,1]).$$

Сім'ю самоспряжених операторів задамо таким чином:

$$\tilde{A} = \{(A_i x)(t) = f_i(t)x(t) | i = \overline{1,4}\}.$$

Тоді сумісний спектр можна задати явно за такою формулою:

$$S(\tilde{A}) = \{\tilde{f}(t) | t \in [0,1]\},$$

де: $\tilde{f}(t) = (f_1(t), \dots, f_4(t))$. Нехай матричний оператор матиме такий вигляд:

$$G = \begin{pmatrix} A_1 & A_2 \\ A_3 & A_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} F_{11}(\tilde{A}) & F_{12}(\tilde{A}) \\ F_{21}(\tilde{A}) & F_{22}(\tilde{A}) \end{pmatrix},$$

де:

$$F_{11}(t_1, t_2, t_3, t_4) = t_1, \quad F_{12}(t_1, t_2, t_3, t_4) = t_2,$$

$$F_{21}(t_1, t_2, t_3, t_4) = t_3, \quad F_{22}(t_1, t_2, t_3, t_4) = t_4,$$

тут F_{ij} – неперервні функції які “поважають” лише одну змінну з чотирьох відповідно, тобто є тотожними функціями лише за однією змінною, а за іншими змінними є константами. Засто-

суємо результат про оборотність отриманих у цій роботі. За умовою оборотності матричного оператора, для матричного оператора множення, якщо оператор оборотний, то буде виконуватись така рівність:

$$f_1(t)f_4(t) - f_2(t)f_3(t) \neq 0, \quad \forall t \in [0,1].$$

Результат, отриманий у цьому прикладі, підтверджує безпомилковість теоретичних досліджень, хоча на перший погляд може виглядати і очевидним. Як продовження, можна для цього ж прикладу знайти спектр оператора. Спектром оператора G називається така підмножина чисел λ множини комплексних чисел, для яких не існує оберненого оператора $G - \lambda I$, тобто:

$$\sigma(G) = \left\{ \lambda \in \mathbb{C} \mid \exists t \in [0,1]: \det \begin{pmatrix} f_1(t) - \lambda & f_2(t) \\ f_3(t) & f_4(t) - \lambda \end{pmatrix} = 0 \right\}$$

Розв'язавши це рівняння отримаємо формулу для знаходження спектра оператора G , тобто $\sigma(G)$.

Нехай S^1 – одиничне коло. Якщо:

$$\Phi \in M_n(L_\infty(S^1)),$$

то оператор множення \tilde{M}_Φ з символом Φ визначається за правилом:

$$\begin{aligned} (\tilde{M}_\Phi f)(z) &= \Phi(z)f(z) = \\ &= (\phi_{ij}(z))_{i,j=1}^n (f_j(z))_{j=1}^n = \\ &= \begin{pmatrix} \phi_{11}(z) & \phi_{12}(z) & \dots & \phi_{1n}(z) \\ \phi_{21}(z) & \phi_{22}(z) & \dots & \phi_{2n}(z) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \phi_{n1}(z) & \phi_{n2}(z) & \dots & \phi_{nn}(z) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} f_1(z) \\ f_2(z) \\ \vdots \\ f_n(z) \end{pmatrix} = \\ &= \begin{pmatrix} \phi_{11}(z)f_1(z) + \phi_{12}(z)f_2(z) + \dots + \phi_{1n}(z)f_n(z) \\ \phi_{21}(z)f_1(z) + \phi_{22}(z)f_2(z) + \dots + \phi_{2n}(z)f_n(z) \\ \vdots \\ \phi_{n1}(z)f_1(z) + \phi_{n2}(z)f_2(z) + \dots + \phi_{nn}(z)f_n(z) \end{pmatrix} = \\ &= \left(\sum_{j=1}^n \phi_{ij}(z)f_j(z) \right)_{i=1}^n \in \tilde{L}_2(S^1), \\ \forall f \in \tilde{L}_2(S^1) &= \underbrace{L_2(S^1) \oplus \dots \oplus L_2(S^1)}_n = \oplus_n L_2(S^1), \\ &M_\Phi \in B(L_2(S^1)), \end{aligned}$$

а відображення:

$$\tilde{L}_\infty(S^1) \rightarrow B(\tilde{L}_2(S^1)),$$

таке, що $\Phi \mapsto \tilde{M}_\Phi$ є ізометричним $*$ -ізоморфізмом. Оператор \tilde{M}_Φ називатимемо матричним оператором множення. Оператор множення:

$$\begin{aligned} \tilde{M}_\Phi &\in B(M_n(C(S^1))) \subset B(\tilde{L}_2), \text{ де} \\ \tilde{L}_2 &\stackrel{\text{def}}{=} \underbrace{L_2 \oplus L_2 \oplus \dots \oplus L_2}_n = \oplus_n L_2, \end{aligned}$$

оборотній тоді і тільки тоді, коли $\forall z \in S^1$ виконується умова:

$$\det \Phi(z) \neq 0.$$

Справді, нехай маємо матричний оператор елементами якого є неперервні функції від сім'ї комутуючих самоспряжених операторів:

$$\begin{aligned} \tilde{A} &= \{A_{km} \mid A_{km} = A_{km}^*, [A_{lp}, A_{km}] = \\ &= A_{lp}A_{km} - A_{km}A_{lp} = 0, \forall k, m, l, p \in \{1, 2, \dots, n\}\}, \end{aligned}$$

вважатимемо, що носієм будь-якого з операторів A_{ij} є компакт $[0,1]$ і

$$F(\tilde{A}) = (F_{ij}(\tilde{A}))_{i,j=1}^n.$$

Тоді обернений оператор існує тоді і тільки тоді, коли $\forall \vec{t} = (t, t, \dots, t) \in [0,1]^n$ виконується:

$$\det F(\vec{t}) \neq 0.$$

Нехай маємо матричну функцію

$$\Phi = \Phi(z) = (\phi_{ij}(z)),$$

на компакт S^1 ($z \in S^1$). Тоді:

$$\Phi(t) = \Phi(\cos(2\pi t) + i \sin(2\pi t)),$$

де $\Phi(t)$ є неперервна матрична функція на компакт $[0,1]$ така, що виконується умова:

$$\Phi(0) = \Phi(1).$$

Поклавши $F = \Phi$ отримаємо відповідне твердження.

Нехай PC – множина обмежених кусково-неперервних функцій на S^1 зі скінченною кількістю точок розриву першого роду, природно вимагається умова: $\forall e^{it_0} \in S^1$ хоча б одна границя

$$\lim_{t \rightarrow t_0^+} f(e^{it}) = f(e^{it_0}), \text{ або}$$

$$\lim_{t \rightarrow t_0^-} f(e^{it}) = f(e^{it_0}).$$

Оператор множення:

$$\tilde{M}_\Phi \in B(M_n(PC(S^1))) \subset B(\tilde{L}_2)$$

оборотній тоді і тільки тоді, коли $\forall e^{it_0} \in S^1$ виконується умова:

$$\lim_{t \rightarrow t_0^\pm} \det \Phi(e^{it}) \neq 0.$$

Припустимо, що $\forall e^{it_0} \in S^1$ виконується умова

$$\lim_{t \rightarrow t_0^\pm} \det \Phi(e^{it}) \neq 0.$$

Тоді $\forall e^{it_0} \in S^1$ існує обернена матриця

$$\left(\Phi(e^{it_0})\right)^{-1}, \text{ а отже } \forall e^{it_0} \in S^1:$$

$$\tilde{M}_\Phi(e^{it_0}) \tilde{M}_\Phi^{-1}(e^{it_0}) = \tilde{M}_\Phi(e^{it_0}) \Phi^{-1}(e^{it_0}) = \tilde{M}_1 = I$$

а також, очевидно, що за побудовою:

$$\left(\Phi(e^{it})\right)^{-1} \in PC.$$

Навпаки, припустимо, що $\exists e^{it_0} \in S^1:$

$$\lim_{t \rightarrow t_0^+} \det \Phi(e^{it}) = 0,$$

$$\left(\text{або } \lim_{t \rightarrow t_0^-} \det \Phi(e^{it}) = 0\right)$$

а також, що $\exists \tilde{R} = (R_{ij})_{i,j=1}^n \in B(\tilde{L}_2):$

$$\tilde{R} \tilde{M}_\Phi = \tilde{M}_\Phi \tilde{R} = I.$$

Нехай $r \in \{M_{\varphi_{ij}} | i, j = \overline{1, n}\}$, тоді:

$$(rR_{ij})_{i,j=1}^n = (R_{ij})_{i,j=1}^n (M_{\varphi_{ij}})_{i,j=1}^n (rR_{ij})_{i,j=1}^n =$$

$$= (R_{ij}r)_{i,j=1}^n (M_{\varphi_{ij}})_{i,j=1}^n (R_{ij})_{i,j=1}^n = (R_{ij}r)_{i,j=1}^n.$$

Отже, $\forall i, j, k, m \in \{1, \dots, n\}:$

$$[R_{ij}, M_{\varphi_{km}}] = R_{ij} M_{\varphi_{km}} - M_{\varphi_{km}} R_{ij} = 0.$$

А для $r \in \{R_{ij} | i, j = \overline{1, n}\}$, при врахуванні умови:

$$[R_{ij}, M_{\varphi_{km}}] = 0,$$

аналогічно виконується:

$$[R_{ij}, R_{km}] = 0.$$

В силу цього з рівності

$$(R_{ij})_{i,j=1}^n (M_{\varphi_{km}})_{k,m=1}^n = (M_{\varphi_{km}})_{k,m=1}^n (R_{ij})_{i,j=1}^n = I$$

випливає, що

$$\det(R_{ij})_{i,j=1}^n \det(M_{\varphi_{km}})_{k,m=1}^n =$$

$$= \det(M_{\varphi_{km}})_{k,m=1}^n \det(R_{ij})_{i,j=1}^n = I,$$

тобто виконується наступна рівність

майже скрізь на S^1 за мірою dt :

$$\det(R_{ij}(e^{it}))_{i,j=1}^n \det(M_{\varphi_{km}}(e^{it}))_{k,m=1}^n =$$

$$= \det(M_{\varphi_{km}}(e^{it}))_{k,m=1}^n \det(R_{ij}(e^{it}))_{i,j=1}^n = 1,$$

де $e^{it} \in S^1$. Оскільки $\exists e^{it_0} \in S^1:$

$$\lim_{t \rightarrow t_0^+} \det \Phi(e^{it}) = 0,$$

$$\left(\text{або } \lim_{t \rightarrow t_0^-} \det \Phi(e^{it}) = 0\right),$$

тоді при $t \rightarrow t_0 +$ (або $t \rightarrow t_0 -$) отримуємо протиріччя:

$$\left| \lim_{t \rightarrow t_0^+} \left(\det(R_{ij})_{i,j=1}^n \det(M_{\varphi_{km}})_{k,m=1}^n \right) \right| =$$

$$\left| \lim_{t \rightarrow t_0^+} \left(\det(M_{\varphi_{km}})_{k,m=1}^n \det(R_{ij})_{i,j=1}^n \right) \right| \leq$$

$$\leq \left\| \det(R_{ij})_{i,j=1}^n \right\| \cdot \lim_{t \rightarrow t_0^+} \left(\det(M_{\varphi_{km}}(e^{it}))_{k,m=1}^n \right) = 0 \neq 1.$$

Отже, якщо $\exists e^{it_0} \in S^1:$

$$\lim_{t \rightarrow t_0^+} \det \Phi(e^{it}) = 0,$$

$$\left(\text{або } \lim_{t \rightarrow t_0^-} \det \Phi(e^{it}) = 0\right),$$

тоді $\exists \tilde{R} \in B(\tilde{L}_2):$

$$\tilde{R} \tilde{M}_\Phi = \tilde{M}_\Phi \tilde{R} = I.$$

Як наслідок, можна стверджувати, що спектр оператора множення $\tilde{M}_\Phi \in B(M_n(PC(S^1))) \subset B(\tilde{L}_2)$ обчислюється наступним чином:

$$\sigma(\Phi) = \left\{ \lambda \mid \exists z = e^{it_0} \in S^1 : \lim_{t \rightarrow \pm t_0} \det(\Phi(e^{it}) - \lambda I) = 0 \right\}.$$

ВИСНОВОК

Матрична функція від сім'ї самоспряжених обмежених комутуючих операторів є оператором некомутуючим. А для некомутуючих операторів сьогодні не існує спектральної теорії. І хоча функція від сім'ї самоспряжених обмежених комутуючих операторів є оператором некомутуючим, отримані результати стали можливими завдяки тому, що в генезисі цього оператора лежить добре вивчений клас комутуючих самоспряжених операторів. Умови оборотності матричнозначного опера-

тора в гільбертовому просторі елементами якого є неперервні функції від сім'ї обмежених самоспряжених комутуючих операторів необхідні для розв'язання систем операторних рівнянь. Це дає змогу будувати моделі для описання складних процесів у різних областях науки в яких виникають самоспряжені оператори. Також розглянуто клас матричних операторів множення елементами яких є функції з PC , який також є достатньо хорошим класом в сенсі перспективності для застосувань в різних математичних моделях. Велику увагу приділено спектральним властивостям таких операторів. Немає нічого важливішого в теорії операторів за спектр оператора.

ЛІТЕРАТУРА

1. Alberio S. 2007 : On functions on graphs and representations of a certain class of $*$ -algebras/ S. Alberio, V. Ostrovsky, Y. Samoilenko // J. Algebra. – 308, №2, 567-582.
2. Островський В. Л. 2006 : Про спектральні теореми для сімей лінійно пов'язаних самоспряжених операторів із заданими спектрами, що асоційовані з розширеними графами Динкіна / В. Л. Островський, Ю. С. Самойленко // Укр. мат. журн., т. 58, №11, 1556-1570.
3. Samoilenko Ye. Ye., 2004 : On Spectrum of Matrix-Valued Continuous Functions of a Family of Commuting Operators/ Ye. Ye. Samoilenko // Proceedings of Institute of Mathematics of NAS of Ukraine, Vol. 50, Part 3, 1192-1194.
4. Самойленко Є. Є. 2012 : Про одну C^* -алгебру породжену трійками ортопроекторів / Є. Є. Самойленко // 14 Міжнародна наукова конференція імені академіка М. Кравчука – №2, 217.
5. Самойленко Є. Є. 2010 : Про оборотність матричного оператора в гільбертовому просторі H^n елементами якого є неперервні функції від сім'ї комутуючих обмежених самоспряжених операторів / Є. Є. Самойленко // Motrol – 12A, 130-136.
6. Самойленко Ю. С. 1984 : Спектральна теорія сім'ї самоспряжених операторів / Ю. С. Самойленко – Київ; Наукова Думка, 200.
7. Крупник Н. Я. 1984 : Банаховы алгебры с символом и сингулярные интегральные операторы / Крупник Н. Я. – Кишинёв: Штиница, 140.
8. Ахиезер Н. И. 1977 : Спектральна теорія самоспряжених операторів в гільбертовому просторі в 2 т. / Нью-Йорк Ахиезер И. И. Глазман – Харьков: Вища школа, – т.1, 316.
9. Berezanskii Yu.M. 1986 : Self-adjoint operators in spaces of functions of finitely many variables / Yu. M. Berezanskii – Providence, AMS, 624.
10. Berezanskii Yu. M. 1968 : Expansion in eigenfunctions of self-adjoint operators / Yu. M. Berezanskii – Providence, AMS, 600.
11. Antonyevich A. 2000 : On trivial and non-trivial n -homogeneous C^* -algebras / A. Antonyevich and N. Krupnik – Integr. Equ. Oper. Theory – V.38, 172-189.
12. Голубов Б. И. 2005 : Элементы двоичного анализа/ Б.И. Голубов – М.:МГУП, 200.
13. Гашков С. Б. 2006 : Современная элементарная алгебра в задачах и решениях/ С. Б. Гашков – М.:МЦНМО, 200.
14. Фельдман Л. П. 2006 : Чисельні методи в інформатиці / Л. П. Фельдман, А. І. Петренко, О. А. Дмитрієва – К.: Видавничча група ВНУ, 408.
15. Астионенко И. А. 2009 : Конструирование многопараметрических полиномов на бикубическом элементе серендипова семейства / И. А. Антоненко, Е. И. Литвиненко, А. Н. Хомченко // Научные ведомости. Серия: математика, физика. – №5(60). – Вып. 16. – Белгород:БелГУ, 15-31.
16. Ахмадиев М. Г. 2010 : Решение одной граничной задачи методом коллокации./ М. Г. Ахмадиев, Т.Х. Каримов, А. Ю. Погодина // Сб. трудов XXIV международной конференции ММГТ-23, том 1, 73-74.
17. Романюк А. С. 2009 : Тригонометрические и ортопроекторные поперечники классов периодических функций многих переменных / А. С. Романюк, В. С. Романюк // Укр. мат. журн. – 61, №10, 1347-1366.
18. Джалюк Н. С. 2010 : Паралельні факторизації матриць над кільцями та їх зв'язки / Н. С. Джалюк, В. М. Петричко-

вич // Прикладні проблеми механіки і математики. – Вип. 8, 7-17.

19. Джалюк Н. С. 2007 : Факторизація клітково-діагональних та клітково-трикутних матриць над кільцями головних ідеалів / Н. С. Джалюк, В. М. Петричківич // Математичний вісник НТШ – 4,79-89.

20. Заторський Р. А. 2010 : Числення трикутних матриць та його застосування / Р. А. Заторський – Івано-Франківськ: Сімик, 508.

21. Albeverio S. 2010 : Decomposition of a scalar operator into a product of unitary operators with two points in spectrum/ S. Albeverio, S. Rabanovich // Linear Algebra and Its Appl., v. 433, 1127-1137.

22. Lancaster P. 2008 : Linearization of regular matrix polynomials / P. Lancaster // Electronic J. of Linear Algebra. Vol. 17, 21-27.

23. Хучарева Т. С. 2010 : О вычислении коэффициентов многочленов Кравчука / Т. С. Хучарева, Ю. Н. Переверзина // 13 Міжнародна наукова конференція імені академіка М. Кравчука – №3, 304.

24. Сухорольський М. А. 2010 : Розклад аналітичних в крузі функцій в комплексній області за системою похідних поліномів Лежанра / М. А. Сухорольський, В. В. Достойна // Вісник Національного університету “Львівська політехніка”. Серія фізико-математичні науки. - №687, 105-121.

25. Zagorodnyuk A. 2006 : Spectra of Algebra of Entire Functions on Banach Spaces/ A. Zagorodnyuk // Proceeding Of The American Mathematical Society, 15-22.

ON PROPERTIES OF MATRIX-VALUED FUNCTIONS

Abstract. Properties of matrix-valued continuous and some piecewise-continuous functions is investigated.

Key words: operator, invertibilities, spectrum, common spectrum.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПАРКА КУКУРУЗОУБОРОЧНЫХ МАШИН В УСЛОВИЯХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ОГРАНИЧЕНИЙ

Ольга Полишкевич

Николаевский государственный аграрный университет
г. Николаев, ул. Крылова, 17-а

Аннотация. В статье проведен анализ технологического обеспечения уборки урожая кукурузы. Проанализирована загруженность кукурузоуборочной техники, определены негативные последствия ее увеличения.

Ключевые слова: кукурузоуборочная техника, уборка урожая, сезонная загрузка.

ВВЕДЕНИЕ

Согласно с прогнозами USDA, FAO, других авторитетных международных и национальных агентств, площади под кукурузой будут расти, вытесняя другие зерновые. В настоящее время эта культура занимает одно из ведущих мест в мировом производстве сельскохозяйственных культур. Наибольший объем производства - в США (около 40 % мирового объема производства кукурузы и свыше 60 % мирового объема экспорта). Достаточно быстро в мире растет урожай кукурузы. Так в 2009 году показатели урожайности в США и странах ЕС уже превышали 85 ц/га [6]. В Украине показатели урожайности к большому сожалению более чем вдвое более низкие, не глядя, что наша страна, особенно районы полдня Украины, по своим климатическим условиям, как и американский кукурузный регион, очень благоприятная для производства кукурузы. Эти условия дают реальную возможность значительного повышения урожайности кукурузы, рентабельности ее использования и общего подъема экономики сельского хозяйства. Но наращивание объема производства кукурузы в Украине проводится экстенсивным путем. В Украине посевная площадь кукурузы на зерно в 2009 году составляла 2,6 млн. га, а валовой сбор зерна составил – 12,5 млн. т [3]. Ввиду

постоянно растущего спроса на обновительные источники энергии – такие как биоэтанол (какой в большинстве производят из кукурузы), следует ожидать последующее увеличение посевных площадей данной культуры. Учитывая такую тенденцию всестороннего роста производства кукурузы, в частности в Украине, возникает вопрос с каким парком уборочных машин останется страна в скором будущем?

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Многолетней практикой доказано, что успешное и своевременное проведение собирательных работ урожая в первую очередь зависит от высокого уровня материально-технического обеспечения, эффективной работы собирательно-транспортных средств и уровня организации работ в этом направлении в целом. Но низкая платежеспособность сельскохозяйственных предприятий нашей страны в последние годы и незначительные объемы инвестиций привели к значительному снижению уровня фондообеспеченности. Как следствие наблюдается стойкая тенденция к уменьшению количества сложной сельскохозяйственной техники, а это в свою очередь негативно влияет на качество выполнения технологических операций во время уборки урожая. В аграрном секторе экономики Украины

интенсивными темпами происходит процесс деиндустриализации производства, ухудшается обеспечение сельскохозяйственных предприятий новой современной техникой, запасными частями, топливо-смазочными материалами [5].

На настоящее время парк кукурузоуборочной техники в сельскохозяйственных предприятиях страны состоит в основном из прицепных комбайнов ККП-3, самоходных КСКУ-6 и приставок ППК-4, КМД-6 (на 85 %) который уже морально и физически устарели. В этой ситуации аграрии вынуждены покупать заграничную собирательную технику, которая на сегодняшний день слишком дорога и не всегда адаптированная к местным условиям эксплуатации.

Определение необходимого количества уборочных машин и их состава на основе анализа расходов средств на приобретение техники и убытков от несвоевременного сбора урожая предложено в работах [2, 5]. Рассчитывая, что оптимальные сроки сбора кукурузы на зерно не должны превышать 7 дней (преувеличение ведет к неминуемым значительным потерям), расчетное количество необходимой Украине кукурузоуборочной техники составляет 16,5 тыс. штук. Однако в приведенных расчетах совсем не уделено внимания возможным простоям машин связанными с техническими обслуживаниями и запланированными диагностическими мероприятиями.

ВЫДЕЛЕНИЕ НЕРЕШЕННОЙ ЧАСТИ ОБЩЕЙ ПРОБЛЕМЫ

Существующие способы механизированной уборки кукурузы отличаются содержанием и последовательностью выполнения отдельных операций, которое предопределяет особенность структуры комплексов кукурузоуборочных машин. В большинстве случаев, как заграничные, так и отечественные кукурузоуборочные машины не отвечают агротехническим требованиям и надежности выполнения техноло-

гического процесса. В нашей стране агротехнические требования на машины для сбора кукурузы на зерно не изменялись с 1983 года. Невзирая на то, что вопросами механизации сбора кукурузы на зерно занимаются как в нашей стране, так и за рубежом, до этого времени не начат выпуск новых отечественных кукурузоуборочных машин, которые принципиально отличаются от своих существующих аналогов. Это связано с одной стороны жесткими требованиями, которые предъявляются к качеству работы кукурузоуборочных машин и продукции собранной ими, а с другой стороны многообразием технологий сбора данной культуры и сложностью выполняемых операций.

На сегодняшний день темпы работанности существующего парка кукурузоуборочной техники на порядок превышают темпы ее обновления. Вследствие этого значительно увеличивается сезонная нагрузка на собирательную технику в 5-7 раз, растягиваются сроки их эксплуатации, которая приводит в свою очередь к росту длительности сбора и приносит ежегодные потери урожая до 650800 тыс. т.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью данной работы является анализ технологического обеспечения уборки урожая кукурузы, а так же загрузки кукурузоуборочной техники.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

По данным Госкомстата Украины в 2012 году посевная площадь кукурузы на зерно составляла 2,6 млн. га, а валовой сбор зерна составил – 12,5 млн. т, при средней урожайности 50 ц/га [3]. Но посевные площади, как и урожайность кукурузы по многолетним данным достаточно не стабильны. Основными причинами нестабильности производства зерна кукурузы и уровня урожайности культуры является резкое колебание за годами размера посевных площадей, значительного ухудшения

материально-технической базы хозяйств, отсутствие средств на приобретение современной собирающей техники.

В 1990 году кукуруза на зерно занимала лишь 1,2 млн. га. Начиная с 2000 года кукурузные просторы нашей страны начали стабильно возрождаться, если в 2000 году было посеяно всего 1,4 млн. га, то в 2012 году этот показатель составил почти 3,0 млн. га. Анализируя приведенные данные видно, что посевные площади за последнее десятилетие выросли почти на 50 %, что объясняется привлекательной ценовой конъюнктурой – средние экспортные цены на кукурузу превышают цены на пшеницу. Но невзирая на постоянную тенденцию роста посевов кукурузы, необходимо отметить такой негативный фактор, как постоянное увеличение разногласия между показателями посевной и собранной площадей (рис. 1).

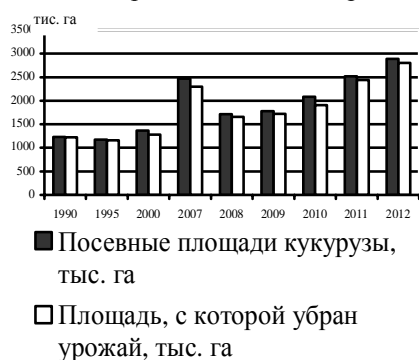


Рис. 1. Динамика площадей посева и сбора кукурузы в Украине

Fig. 1. A dynamics of areas sowing and collection of corn is in Ukraine

Разногласие между показателями посевной и собранной площадей во-первых обусловлено риском засухи или наоборот шквальных ливней, присутствующим природно-климатическим условиям нашей страны. Такие природные явления в последние годы возникают достаточно часто, в некоторые годы они охватывают большие площади, что приводит к резкому снижению урожайности всех сельскохозяйственных культур, в том числе и кукурузе. Во-вторых это чувствительность райони-

руемых гибридов кукурузы к неблагоприятным биотическим и абиотическим факторам то отсутствие средств на приобретение необходимых средств защиты растений. И главное всего, это отсутствие современного парка кукурузоуборочных машин.

На протяжении 1991-2012 годов имеет место резкое невозобновляемое сокращение кукурузоуборочной техники от 15287 в 1991 году до 2857 единиц в 2012 году (рис. 2). Дефицит в кукурузоуборочных комбайнах приводит к удлинению сроков сбора и как следствие, к ухудшению качества и количества валового сбора. Кроме того, это является фактором сдерживания наращивания объемов производства зерна кукурузы в соответствии с общеукраинской и общемировой тенденциями.



Рис. 2. Отношение количества кукурузоуборочной техники к посевным площадям кукурузы

Fig. 2. Attitude of amount of corn-harvesting technique toward sowing areas of corn

Неравномерным является и деление кукурузоуборочной техники в разрезе регионов страны. В первую очередь стоит отметить, что наличие кукурузоуборочных комбайнов в большинстве регионов за последние годы не отвечает размещению производства кукурузы, некоторые области имеют в своем распоряжении от 5 до 12 единиц собирающей техники [1]. По данным Госкомстата в 2012 году в среднем в государстве одним кукурузоуборочным комбайном собиралось около 1000 га

посевных площадей, в Николаевской области - 365 га, АР Крым - свыше 600 га, в Волинской и Львовской областях свыше 1350 га (для сравнения в 1990 году этот показатель составлял всего 80 га). В среднем сезонная нагрузка одного кукурузоуборочного комбайна превышает установленную норму в 5-7 раз (нормативный показатель для комбайнов составляет 130 га, для кукурузных приставок 150 га). А не полная обеспеченность техникой в период уборки урожая приводит к растягиванию сроков, а значит и к дополнительным существенным расходам урожая.

Рассчитывая, что оптимальные сроки сбора кукурузы на зерно не должны превышать 7 дней, а их увеличение ведет к неминуемым значительным потерям, расчетное количество необходимой Украине кукурузоуборочной техники составляет 16518,3 тыс. штук. Увеличение сроков уборки приводит к биологическим потерям урожая.

По данным научно-исследовательского института животноводства Украины, килограмм собранных в ранние сроки стеблей спелой кукурузы содержит до 10 граммов перевариваемого протеина, от 5 до 7 миллиграмм каротина. В перестоялых корню стеблях теряется основная масса питательных веществ на 15.20 %.

По данным научно-исследовательского института животноводства Украины, килограмм собранных в ранние сроки стеблей спелой кукурузы содержит до 10 граммов перевариваемого протеина, вот 5 до 7 миллиграмм каротина. В перестоялых корню стеблях теряется основная масса питательных веществ на 15-20 %.

Если проводить международные сравнения, то показатель количества кукурузоуборочных машин в Украине в расчете на 1000 га посевных площадей в 7-10 раз меньше, чем в развитых странах. Задействован парк кукурузоуборочной техники в государстве практически в шесть раз более малый от технологической потребности.

В условиях недостатка собственной собирающей техники аграрные предприятия вынуждены идти путем ее привлечения. На сегодняшний день существует ряд предприятий, которые специализируются на соответствующих услугах. Но привлечение услуг обслуживающих предприятий слишком дорого и в конечном счете существенно влияет на себестоимость продукции. Например (стоимость услуг по ценам 2012 года) перегон трактора осуществляется по расценкам, грн/км: на топливе заказчика - 3,60; на топливе исполнителя - 10,60. Стоимость одних моточасов работы трактора на топливе заказчика составляет в среднем 500 грн., сбор кукурузы комбайном - 520 грн., приставкой 480 грн. Как видим, такое направление не позволяет сельскохозяйственным предприятиям, которым не хватает финансовых ресурсов на приобретение ценной техники, получать прибыль.

В этой ситуации аграрии вынуждены покупать заграничную собирающую технику на вторичном рынке. В настоящее время локальный рынок кукурузоуборочной техники представлен четырьмя основными субрынками: отечественная новая техника - 15 %, новая техника иностранного производства (страны дальнего зарубежья) - 5 %, новая техника производства стран СНГ (преимущественно Россия) - 10 %, техника иностранного производства, которая была в использовании - 70 % [4].

Ежегодно на внутренний рынок Украины поступает кукурузоуборочная техника, срок эксплуатации которой очень разный (как правило не менее 5 лет), то есть с почти исчерпанным ресурсом. Такая техника не всегда приспособлена к отечественным условиям эксплуатации и особенностей работы, кроме этого нуждается в дополнительной переналадке и обслуживании. По данным многолетних исследований, средние потери зерна при сборе кукурузоуборочными машинами из наработкой свыше 500 тыс. га находятся на

уровне 8-12 %. Если валовой сбор зерна кукурузы в 2012 году на Украине составил около 12,5 млн. т, при средней урожайности около 50 ц/га, тогда при минимальных 8 % потерях при машинном сборе общие потери зерна, должны были достичь 100 тыс. т, а их стоимость (согласно приемной цены 1500.1750 грн/т) соответственно 150-175 млн. грн. Практически в 2009 году потери урожая кукурузы в Украине должны были быть приблизительно равными урожаю из 200 тыс. га ее посевов. Потому создание правовых и экономических условий для выпуска отечественных кукурузоуборочных машин, которые бы могли конкурировать по цене и качеству с зарубежными аналогами, при этом удовлетворять вышеуказанные характеристики, должно быть приоритетным заданием правительству страны.

Оценка надежности кукурузоуборочных комбайнов от особенностей условий и режимов их эксплуатации говорит о необходимости перенимания опыта у зарубежных производителей с целью обеспечения высокими показателями надежности, которые достигаются отработкой новых конструкций, испытанием их на стендах и в реальной эксплуатации. Создание нового поколения более современной сельскохозяйственной техники должно неразрывно базироваться на анализе работы и обнаруженные недостатки при эксплуатации предыдущих машин.

ВЫВОДЫ

В условиях недостатка необходимых объемов финансовых ресурсов аграрным предприятиям нужно искать пути рационального использования техники и на этой основе уменьшения ее потребности. Результаты исследований показывают, что на предыдущем этапе целесообразно использовать технику на межхозяйственной основе и создавать обслуживающие предприятия технического обеспечения, а последующему следует уделять особое внимание разработке новой отече-

ственной собирающей техники на основе унификации и обеспечения высокой надежности агрегатов и узлов, как основы создания конкурентоспособной техники. Таки мероприятия будут способствовать росту рентабельности аграрного производства, а также возрождению аграрного сектора Украины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агропромисловий комплекс України: стан, тенденції та перспективи розвитку. Інформ.-аналіт. зб. / за ред. П.Т. Саблука та ін. – К.: ІАЕ УА-АН, 2003. – вип. 6. 763.
2. Басин В.С. 2007. О направлении развития производства на ХТЗ в современных условиях / В.С. Басин // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. – Харків: ХНТУСГ. – Вип. 67, т.1. 220–224.
3. Болтянська Н.І. 2008. Сучасний стан машинно-тракторного парку підприємств агропромислового комплексу / Н.І. Болтянська // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь. – Вип. 36. 3–7.
4. Булгаков В.М. 2007. Науково-технічна політика в сільському господарстві / В.М. Булгаков, В.В. Адамчук, Д.Г. Войтюк, В.В. Іванишин // Вісник аграрної науки. – №3. 5–10.
5. Бурилко А.В. 2005. Комплектування машинно-тракторного парку сільськогосподарських підприємств / А.В. Бурилко // Механізація і електрифікація сільського господарства : міжвідом. темат. наук. зб. – Глеваха, ННЦ “ІМЕСГ”. – Вип.89. 145–149.
6. Васильєва В.Г. 2004. Проблеми технічного та технологічного переоснащення агропромислового комплексу / В. Г. Васильєва // Економіка, фінанси, право. – № 3. – 12.
7. Гайдучок Т.С. 2004. Еколого-економічні аспекти раціонального використання машинно-тракторного парку / Т. С. Гайдучок // Вісник Харк. нац.

техн. ун-ту сільського господарства : Економічні науки. Ринкова трансформація економіки АПК. Випуск 30. – Х. : ХНТУСГ. 308 – 310.

8. Гуров Я.С. 2002. Технічне перенаснащення сільськогосподарського виробництва як основний захід підвищення його ефективності / Я. С. Гуров. – К. : УАЕ УААН. 397 – 400.

9. Гуков Я.С. Концепція розроблення системи машин для виробництва сільськогосподарської продукції / Гуков Я.С., Грицишин М.І., Погорілий Л.В. // Вісник аграрної науки. – 2002. – №9. 48–50.

10. Лінник М.К. 2001. Пріоритетні напрями наукових досліджень з механізації сільського господарства / М.К. Лінник, Д.Г. Войтюк, В.М. Булгаков, Я.С. Гуков // Механізація сільськогосподарського виробництва. – К.: НАУ. – Т. X. 8–14.

11. Мельник В.И. 2007. Зависимость потребности в тракторах от площади пашни / В.И. Мельник, С.А. Чигрина // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. – Харків: ХНТУСГ. – Вип. 59, т.2. 50–55.

12. Надикто В.Т. 2005. Нові мобільні енергетичні засоби України. Теоретичні основи використання в землеробстві // В.Т. Надикто, М.Л. Крижачківський, В.М. Кюрчев, С.Л. Абдула. – К.: Гран. – 338.

13. Погорілий Л.В. 2003. Зернозбиральна техніка: проблеми, альтернативи, прогноз / Л.В. Погорілий, С.М. Коваль // Техніка АПК. - № 7. - 4-7.

14. Сидоренко О. 2005. Метод визначення втрат врожаю сільськогосподарських культур внаслідок несвоєчасного виконання механізованих процесів рослинництва / О. Сидоренко, С. Сенчук, П. Луб, А. Татомир, А. Бурилко // MOTROL. – Т 7. – Одеса. – 86-91.

15. Саблук П.Т. Причини кризи в аграрній сфері та напрями виходу з неї / П.Т. Саблук // Пропозиція. – № 36. – 2-3.

16. Ситник В.П. 2003. Формування

і реалізація державної політики розвитку матеріально-технічної бази АПК / В.П. Ситник // Економіка АПК. – № 2. – 19-29.

17. 2009. Статистичний щорічник України за 2008 рік. Державний комітет статистики України / За ред. О.Г. Осауленка. – К.: Видавництво «Консультант». – 576.

18. Тихоненко О.В. 2008. Забезпеченість сільського господарства зернозбиральною технікою як запорука ефективності зернового господарства / О.В. Тихоненко // Економіка АПК. – № 7. – 36-41.

19. Думенко К. 2010. Аналіз основних факторів недостатньої надійності вітчизняної зернозбиральної техніки / К. Думенко // MOTROL. – А12. – 108-117.

20. Шебанін В.С. 2007. Перспективи розвитку сільськогосподарського машинобудування в Україні / В.С. Шебанін // Вісник аграрної науки Причорномор'я. – №2. – 4-10.

21. 2009. Farm Production Expenditure. 2008 Summari. August. United States Department of Agriculture. National Agriculture Statistics Service. – 175.

22. 2009. Key World Energy Statistics 2009. International Energy Agency. – 264.

MODERN STATE OF PARK CORN-HARVESTING MA- CHINES IN THE CONDITIONS OF ECO- NOMIC AND ECOLOGICAL LIMITATIONS

Abstract. In the detailed analysis of the technological providing of harvesting corn is conducted. The work-load of technique is analyses for collection of corn, the negative consequences of its increase are certain.

Key words: technique for collection of corn, harvesting, seasonal load.

СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ КУКУРУЗОУБОРОЧНЫХ МАШИН

Александр Бондаренко, Василий Грубань

Николаевский государственный аграрный университет
г. Николаев, ул. Крылова, 17-а

Аннотация. В статье описаны новые пути решения проблемы надежности кукурузоуборочной техники с учетом сложной ситуации, которая сложилась в Украине на сегодня.

Ключевые слова: кукурузоуборочные машины, ремонт, возобновление, отказ, уборка урожая, повреждения, цепная передача

ВВЕДЕНИЕ

Надежность кукурузоуборочной машины в значительной степени зависит от технологического процесса, заложенного в основу ее разработки. Приняты технологические схемы уборки зерна основанные на концентрации большого количества операций, вызванных необходимостью одновременного сбора в процессе уборки двух видов продуктов. Потому отечественные машины имеют большое количество механизмов, которое повышает вероятность технических отказов. Эти особенности ограничивают возможность резкого повышения производительности при уборке урожая. При двухфазной уборке, который широко используется в зарубежной практике собирается только один продукт - зерно. Концентрация операций при этом то количество механизмов наоборот уменьшается, в результате чего вероятность технических отказов и общая энергоемкость машин снижаются. Повышение производительности собирательных агрегатов вызывает особенно повышенные требования к надежности машин, так как одинаковое время простоя из технических отказов высокопродуктивного агрегата (в сравнении с малопродуктивным) приносит более ощутимый вред хозяйству или совсем парализует собирательные работы, если такой агрегат есть в хозяйстве в единственном числе (что является

характерным для нашей страны в последние годы). В связи с этим в настоящее время ставится задача доведения надежности собирательных агрегатов к такому уровню, при котором потери времени на устранение технических отказов не превышали бы 5 % времени чистой работы.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Поиск технических решений, направленных на повышение качественных показателей работы кукурузоуборочных машин и увеличения производительности в целом, предусматривает установление ряда дополнительных рабочих органов и пристроил, что интенсифицируют прохождение технологического процесса. При этом внесены дополнения в конструкции безусловно осложняют их. На повод дополнительных элементов тратится часть мощностей, которая увеличивает энергоемкость процесса, однако и производительность уборочных машин несколько увеличивается. При этом принципиальных успехов на уровне достижения компромисса между установлением дополнительных элементов, увеличением энергозатрат и осложнением конструкции, которая снижает ее надежность ожидать не приходится [4]. За 20 лет независимость Украины не принята на производство ни одного образца кукурузоуборочного комбайна или приставки, полностью отсутствующие,

любые фундаментальные исследования связаны с проблемой надежности данного вида техники, почти совсем отсутствуют новые оригинальные технические решения, которые касаются анализируемого направления.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью данной работы является рассмотрение новых путей решения проблемы надежности кукурузоуборочной техники с учетом сложной ситуации, которая сложилась в Украине на сегодня.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Кукурузоуборочные машины работают в сложных полевых условиях. При взаимодействии с потоком растений возможны внезапные аварийные повреждения рабочих органов особенно при попадании вместе со стеблевой массой разных инородных включений. Аварийные повреждения могут возникнуть и в результате утомительного действия цикла механических нагрузок, или перегрузок обусловленных неравномерной подачей стеблевой массы.

Внезапные аварийные повреждения зависят от степени засоренности поля посторонними включениями, то есть: культуры существующего общего земледелия, конструктивной прочности рабочих органов и применения специальных устройств защиты от возможных аварийных повреждений. Аварийные повреждения характеризуются интенсивностью их проявления и к сожалению занимают немалое место среди причин выхода из строя рабочих органов уборочных машин.

При эксплуатации кукурузоуборочных комбайнов встречаются отказы связанные из разного рода забивками систем охлаждения, смазки или очистки. Известные отказы в результате негерметической гидравлической аппара-

туры, подтока масла, засасывания воздуха, вибрации трубопроводов.

Нередко встречаются отказы которые связаны с нарушением в работе электрических или электронных систем комбайнов. Они могут возникать внезапно, или формироваться постепенно приводя к функциональным отказам тех или других систем комбайну.

Особенное место в работе механических систем занимают отказы связанные с износом деталей механизмов и узлов. Отказы, которые обусловлены износом деталей занимают существенную часть среди других отказов характерных и для уборочных машин, которые в большей мере проявляются со временем эксплуатации. Считается, что в условиях высокой запыленности доминирующей формой изнашивания может быть абразивное [1]. Этот вид изнашивания обусловлен непосредственным взаимодействием рабочих поверхностей металла с твердыми абразивными частицами, которые находятся в запыленном воздухе или на поверхности растений и попадают в зону трения. В результате многоциклических нагрузок на поверхностях трения проявляется утомляющее изнашивание с отделением частиц металла [1, 2]. Важную роль в интенсификации изнашивания играют и химически-активные вещества, которые всегда присутствуют в увлажненной растительной массе [3]. Они способствуют снижению прочности поверхностного слоя в результате проникновения молекул поверхностно-активных веществ в кристаллическую структуру металла [4]. Как правило представлен механизм и химизм изнашивания проявляется в комбинированной форме с доминирующим влиянием одного из факторов.

Абразивное изнашивание может наблюдаться у режущих и измельчающих элементов кукурузоуборочных машин. Под действием абразивных частиц изнашиваются витки шнековых транспортирующих и выгрузочных рабочих органов. Шнеку рабочие органы изнашиваются по периметру торцов

витков, что приводит к увеличению зазоров между шнеком и тулупом и как следствие - потери производительности транспортеров. Возможно изнашивание и подшипниковых узлов если они конструктивно недостаточно защищены от попадания пыли.

Причинами проявления некоторых повреждений является недостаточное качество изготовления деталей и узлов. Низкая технологическая культура, безответственность и отсутствие контроля приводит к разрегулированию, забивка механизмов, разгерметизация гидравлических систем и тому подобное.

Причинами проявления некоторых повреждений является недостаточное качество изготовления деталей и узлов. Низкая технологическая культура, безответственность и отсутствие контроля приводит к разрегулированию, забивка механизмов, разгерметизация гидравлических систем и потому подобное.

Аналитический обзор механических поводов отечественных и зарубежных образцов показал, что в зерноуборочных машинах применяют цепные передачи (55 %), ременные передачи (30 %), закрытые зубчатые передачи (10 %) и другие (5%). Представлено на рис. 1 процентное соотношение позволяет систематизировать и представить в виде блочной структуры механический повод зерноуборочной машины. Существующие на сегодняшний день поводы зерноуборочной техники не позволяют полностью механизировать и автоматизировать весь процесс сбора.

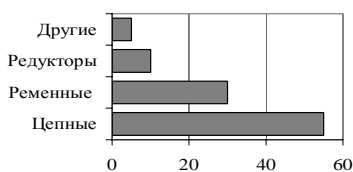


Рис. 1. Типы передач кукурузоуборочной техники

Fig. 1. Types of transmissions of corn-harvesting technique

В процентном отношении более 80 % всех видов отказов ременных пе-

редач можно отнести к отказам ремня и только около 20 % отказов связанные с отказами опор или шкивов. Это объясняется прочностью и качеством материалов, которые употребляются для изготовления ремней, тогда как шкивы и опоры изготавливаются из высокопрочных сталей, что позволяет выдерживать высокие нагрузки и хранить работоспособность на протяжении всего срока службы узла. Отказы ременных передач можно разделить на два основных вида: 1) - повреждение ремня: недостаточный натяг (29 %), повреждение или разрыв (71 %), и 2) - повреждение опор и шкивов ременных передач: отказ натяжных приспособлений (39 %), перекос осей передачи (61 %). Ременные передачи в процессе эксплуатации испытывают не только механические нагрузки, но и действуют агрессивной окружающей среды. В период использования и технического обслуживания необходимо следить за тем, чтобы ведущий и ведомый шкивы находились в одной плоскости, а радиальное и торцевое битие в зависимости от диаметра шкива не превышало в среднем 0,4...1,0 мм. Однако в реальных передачах дан параметр почти никогда не выдерживается и превышает норму, иногда в 2 и больше раз.

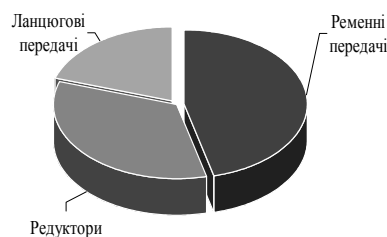


Рис. 2. Отказы механических поводов зерноуборочных машин

Fig. 2. Refusal of mechanical occasions of combine

Отказа отдельных узлов и соединений редуктора вызванные разными факторами: конструктивными (15 %), эксплуатационными (5 %), параметрическими (15 %) и производственными (65 %). Отказы корпусных деталей: дефор-

мация и перегрел корпусу (19 %), протекание оливы из корпуса редуктора (53 %), недостаточно жесткое крепление корпуса (28 %) - в основном возникают из-за некачественного изготовления или ошибок при эксплуатации. Отказы валов и опор машин происходят из-за перекоса валов (18 %), сдвига подшипников (23 %), несоосности валов (11 %), загрязнения и изнашивания подшипников (46 %), битья валов (12 %) Отказа зубчатых передач возникают путем механического сноса (19 %), коррозионно-механического износа (30 %). Все перечислены повреждения обусловлены влиянием механических, термомеханических, вибрационных и других видов процессов, которые протекают в отдельных узлах и сборочных единицах редукторов. Выбор материала с учетом специфики работы повода для узлов редуктора, их термообработка снижает риск преждевременных отказов и увеличивает ресурс работы деталей. При техническом обслуживании необходимо контролировать состояние зубчатых колес, а также контролировать причины, которые вызывают интенсивный снос и увеличения радиального и осевого битья.

Отказы цепных передач следует разделить на две основных группы: отказы цепи: соскальзывание (11 %), обрыв (89 %) - и отказы опор и звездочек: снос (42 %), отклонение от соосности (37 %), слабое натяжение цепи (21 %). Цепные передачи эксплуатируются в достаточно тяжелых условиях, что вызывает повышенный снос их деталей, приводит к удлинению и разрыву цепи. Как правило, основным видом отказа цепной передачи является выход из строя цепи из-за соскальзывания или обрыва. Как показали исследование причин отказов цепных передач, больше 75% повреждений связаны именно с повреждениями самой цепи, лишь 25 % поломок можно отнести ко второму основному типу отказы - повреждения опор или звездочек цепной передачи. Это связано с тем, что при проектировании цепной передачи конструктор

особенное внимание уделяет расчету на прочность и долговечность звездочкам и опорам передачи, при этом детально не останавливаясь на прочностном расчете и выборе вида цепи для повода механизма.

Анализ отказов механических передач показал, что необходимо особое внимание уделить процессу проектирования отдельных узлов поводов. Правильный выбор материалов, геометрических параметров, проверка кинематических и силовых характеристик позволит уменьшить количество отказов и продлить срок службы анализируемой передачи.

Решая задание повышения надежности собирательного агрегата, часто рассматривают его надежность в целом, что осложняет отыскивание скрытых резервов в отдельных его механизмах. Для обеспечения необходимого уровня надежности всей уборочной машины необходимо использование дополнительных мероприятий в виде применения необходимых технических и организационных работ основываясь на соответствующих исследованиях. В конструкциях механических поводов кукурузоуборочных машин необходимо использовать антикоррозионно-, износостойкие и температуростойкие материалы повышенной прочности и надежности, а также защитные покрытия и уплотнения. При этом анализу и доработке должен поддаваться каждый отдельный механизм машины, каждый рабочий орган собирательного комбайна, а также технологический процесс его работы. Надежность и долговечность составных элементов агрегата следует доводить до уровня, который не превышает их равноценности. Моторесурс малоресурсных запасных частей должен быть равным нормативу сезонного наработка агрегата, а остальные - кратным ему, чтобы не вызывать остановок для их замены в период собирательного сезона.

В реальной эксплуатации машины всегда стареют физически – это обусловлено процессами изнашивания,

усталости, коррозии, забивки и тому подобное. Протекание этих процессов неминуемо приводит к снижению уровня работоспособности, который может быть охарактеризован величиной интенсивностей отказов.

В то же время ремонтно-обслуживающая база технического сервиса машин может находиться в разных возможных состояниях от уменьшения потенциала и возможностей (старение) к развитию обусловленному внедрением новейших технологий и методик технического обслуживания и ремонта.

Для комплексной оценки состояния и тенденций изменений в общем уровне обеспечения надежной работы машин, особенно сезонного назначения, необходимо рассмотреть целостную систему "машина – техническое обслуживание" в динамике изменения их характеристик.

В прошлых исследованиях этого вопроса были установлены два понятия – функция готовности та функция возобновления. Если наложить графику полученных функций друг на друга, то можем получить точку пересечения этих кривых, которая теоретически даст возможность описать необходимые параметры с целью сохранения работоспособного состояния сложной технической системы (рис. 3).

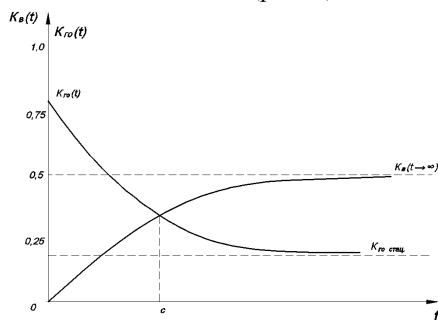


Рис. 3. Графический синтез функции готовности и возобновления
Fig. 3. Graphic synthesis of function of readiness and renewal

Если принять, что фактор времени следует к бесконечности, то функция

готовности приобретает постоянное значение:

$$K_a(t \rightarrow \infty) = \frac{\mu_1 \mu_1' + \lambda_0 \mu_1' + \lambda_0' \mu_1'}{\mu_1 \mu_1' + \lambda_0 (\mu_1' + \mu_1) + \lambda_0' (\mu_1 + \lambda_0 + \mu_1')}$$

Также можно представить коэффициент простоя технической системы в устоявшемся режиме эксплуатации и выразить, как функцию:

$$K_p(t \rightarrow \infty) = \frac{p \lambda_0' \lambda_0 \mu_1'}{\mu_1 \mu_1' + \lambda_0 (\mu_1' + \mu_1) + \lambda_0' (\mu_1 + \lambda_0 + \mu_1')}$$

ВЫВОДЫ

Полученное значение функции готовности отвечает предельным ее значением и отвечает принятому в общих чертах понятию коэффициента готовности. Фактически формула отображает асимптоту, к которой следует функция готовности при бесконечном росте времени эксплуатации технических систем, которые рассматриваются зерноуборочных комбайнов в условиях улучшения базы их технического обслуживания (сервису).

График сочетания функций готовности и возобновления дает возможность прогнозировать технические отказы зерноуборочной техники, а тем самым повысить надежность такой технической системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабаев С. Г. 1987. Надежность нефтепромыслового оборудования. – М.: Недра. – 264.
2. Боярских Г. А. 2003. Надежность и ремонт горных машин. – Екатеринбург: УГГУ. – 340.
3. Бойко А.І. 2010. Дослідження функції готовності механічних систем при накопичуванні пошкоджень / А.І. Бойко, К.М. Думенко // Проблеми обчислювальної механіки і міцності конструкцій: збірник наукових праць ДНУ. – Дніпропетровськ : Наука і освіта. – Вип.14. – 72-78.
4. Бондар М. 2002. Нема альтернативи вітчизняному комбайнобудуванню! / М.: Бондар // Техніка АПК. – № 10. – 6-7.

5. Волховский Г.А. 1982. Эксплуатация и ремонт систем сельскохозяйственного водоснабжения. – М.: Россельхозиздат. – 224.
6. ДСТУ 3004-95. Надійність техніки, методи оцінки показників надійності за експлуатаційними даними. – М. Госкомитет по стандартам. – 123.
7. ГОСТ 11.007-75 (СТ. СЭВ 877-78) Правила определения оценок и доверительных границ для параметров распределения Вейбула. – М.: Госкомитет по стандартам. – 30.
8. РД 50-639-87. Методические указания : Надежность в технике: Расчет показателей надежности. – М.: 1987. – 51.
9. Гербах И.Б. 1969. Модели отказов / И.Б. Гербах, Х.Б. Кордонский. – М.: Советское радио. – 165.
10. Демко С.А. 2007. Визначення впливу терміну використання зернозбиральних комбайнів на їх техніко-експлуатаційні характеристики : автореф. на здобуття наук. ступеня кандидата техн. наук: спец. 05.05.11 “Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва” / С.А. Демко. – К. – 20.
11. Думенко К.М. 2011. Зернозбиральна техніка: проблеми, альтернативи, прогноз / К.М. Думенко, А.І. Бойко // Техніка і технології АПК. – № 16. – 11-14.
12. Думенко К.М. 2010. Загальні засади формування аспектів надійності складної сільськогосподарської техніки / К.М. Думенко // збірник наукових праць ХНТУСГ. – Харків. – № 93. – 265-272.
13. Ефремов В.В. 1984. Теория и практические вопросы работоспособности элементов машин, приборов и аппаратов. – Иркутск: Изд. ИГУ. – 219.
14. Ракул О.І. 2011. Аналітичний огляд проблем механізованого збирання кукурудзи в Україні /О.І. Ракул // MOTROL, – 13А, – 60-66.
15. Собчук М. 2004. Науково-методичні принципи забезпечення надійності вітчизняних зернозбиральних комбайнів / М. Собчук, С. Коваль, В. Погорілий, В. Горбатов та ін. // Техніка АПК. – № 4-5. – 8-16.
16. Погорілий Л.В. 2003. Зернозбиральна техніка: проблеми, альтернативи, прогноз / Л.В. Погорілий, С.М. Коваль // Техніка АПК. – № 7. – 4-7.
17. Думенко К. 2010. Аналіз основних факторів недостатньої надійності вітчизняної зернозбиральної техніки / К. Думенко // MOTROL. – А12. – 108-117.
18. 2011. Статистичний щорічник України за 2010 рік. Державний комітет статистики України / За ред. О.Г. Осауленка. – К.: Видавництво «Консультант», – 585.
19. Ушаков І.А. 2008. Курс теорії надійності систем / І.А. Ушаков. – М.: Дрофа, – 239.
20. Некипоренко В.І. 1977. Структурний аналіз систем (ефективність і надійність) / В.І. Некипоренко. – М.: Советское радио – 214.
21. Ушаков І.А. 2008. Курс теорії надійності систем / І.А. Ушаков. – М.: Дрофа. – 239.

MODERN ASPECTS INCREASE RELIABILITY OF CORN-HARVESTING MACHINES

Abstract. The new ways of decision of problem of reliability of cutting equipment taking into account a difficult situation, which was folded in Ukraine for today, are described in the article. Cutting equipment, repair, renewal, refuse, harvesting, damage, chain-drive.

Key words: corn-harvesting machines, repair, renewal, refusal, harvesting, damages, chain-drive

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОЦЕССА ДВОХПОДПОРНОГО РЕЗАНИЯ СТЕБЛЕЙ КУКУРУЗЫ

Николай Завирюха

Николаевский государственный аграрный университет
г. Николаев, ул. Крылова 17 А.

Аннотация. В статье представлена методика аналитической оценки силовых энергетических показателей процесса двухподпорного резания стеблей кукурузы в интегрированном измельчающем аппарате

Ключевые слова: энергоемкость, резание стеблей кукурузы, нож, угол заточки, силы резания, оптимизация

ВВЕДЕНИЕ

Процесс резания представляет собой особый вид измельчения и поэтому подчиняется общим законам разрушения материалов под действием внешних сил, превышающих силы молекулярного сцепления. Однако этот процесс имеет свои специфические особенности, которые более полно отражаются в теории резания лезвием. В теории измельчения резкой рассматривают два комплекса вопросов, которые включают вопросы сочетание теории процесса резания лезвием, изучающая влияние различных факторов на величину угла заточки ножа и энергоемкость процесса измельчения [1,2].

Недостаточное измельчение листостебельной массы приводит к тому, что она не может быть использована в качестве кормов, а также уменьшает ее минеральную ценность - в качестве биоудобрений. В свою очередь интенсивное механическое воздействие рабочих органов стеблеизмельчающих машин на сырье может приводить к потерям нативных свойств стеблей кукурузы и даже к их физико-химической деструкции [3,4]. Измельченная листостебельная масса, полученная с помощью таких машин имеет рыхлую консистенцию, а готовый продукт имеет неудовлетворительные органолептические показатели. Поэтому при конструировании кукурузо- и силосоуборочных машин нужно учитывать гиб-

ридное происхождение растений и его сложное физико-химическое строение. В связи с этим рабочие органы дробильных аппаратов должны иметь геометрические параметры и обеспечивать такие режимы измельчения, которые не влияли на химический состав сырья и измельчали его с высоким качеством, с необходимой степенью дисперсности и с минимальными затратами энергии.

Значительная часть энергии, которая расходуется на процесс измельчения, рассеивается в продукте и превращается в теплоту, которая провоцирует повышенное затупления режущей кромки. Поэтому разработка дробильных аппаратов должна проводиться на основе детальных исследований процессов резания стеблей кукурузы с учетом действующих силовых и энергетических показателей.

Цель исследований заключается в аналитической оценке энергетических показателей двухподпорного резания стеблей кукурузы, в частности в интегрированном измельчающем аппарате, и определение направлений дальнейшего совершенствования рабочих органов измельчающих машин для уменьшения энергопотребления и обеспечения высокого качества исходной продукции.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Исследование рабочих процессов в ГАП гидросистем на основании разработанной математической модели.

АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Теорию резания лезвием разработал академик Горячкин В.П., дальнейшее развитие она получила в трудах Желиговского В.А., Резника Н.Е. [5,6,7,8], а также в работах других ученых.

При оценке способа измельчения и конструкции рабочих органов измельчающих аппаратов прежде всего следует учитывать физико-механические свойства измельчаемых материалов и выбирают такие способы воздействия на материал при его разрушение может быть достигнуто при малейших нагрузках и расходе энергии.

По линии контакта лезвия со слоем перерезанного материала возникают достаточно высокие контактные нормальные разрушающие нагрузки. В этом случае грани клина, которые называются фасками, существенного влияния на процесс резания не создают. Еще Горячкин В.П. установил, что в процессе резания лезвием решающее значение имеет скользящее движение ножа, так как он заметно снижает предел нормального давления на материал, который необходим для процесса резания, и обеспечивая более чистый срез. Проникновение ножа слой материала при наличии бокового движения объясняется влиянием ряда факторов, важнейшим является угол заточки ножа (лезвия) [9,10,11].

Из анализа условий резания лезвием основное значение имеют такие параметры режима, как нормальное давление ножа на материал, боковой скользящее движение ножа и кинематическая трансформация угла заточки. Угол заточки ножа задается от измельчаемого материала. По данным Ефремова М.Г. прирост силы резания по мере затупления ножа при работе с измельчающей культурой, с малыми углами заточки рабочих органов меньше, чем с большими. Анализируя экспериментальные данные, он пришел к выводам, чем меньше угол заточки, тем меньше изменяется усилие резания от остроты.

Угол заточки выбираете такой, при котором лезвие остается достаточно устойчивым к излому, длительное время сохраняет свою остроту, а усилия остается равным минимуму.

Анализ последних исследований и публикаций, посвященных процессам резания органических материалов [12, 13, 14, 15] показывает, что большинство из них направлены на оптимизацию общих энергетических показателей процесса для конкретных условий работы измельчающих аппаратов. Вместе с тем установлено [16, 17, 18], что сложный процесс резки органических материалов можно разделить на ряд более простых: разрушение структуры сырья, деформирования продукта в зоне резания, трения инструментов между собой и по сырью и др.. Поэтому системное изучение основных элементарных составляющих процесса резания способствовать углублению знаний в области биологического сырья и более целенаправленной работе над созданием и усовершенствованием измельчающих аппаратов с целью внедрения энергосберегающих технологий приготовления высококачественного измельченного листостебельной массы.

Методика исследований основана на аналитическом обобщении знаний из областей физики твердого тела, физико-химической механики материалов, теории резания органических и синтетических материалов для оценки влияния значимых факторов на энергетические показатели резания листостебельной массы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

В процессе измельчения листостебельной массы кукурузы к режущим органам машины непрерывно подводится энергия от ее привода. Таким образом, в локальную область взаимодействия ножа и продукта подводится внешняя сила и такую систему «нож-стебель» нельзя считать замкнутой. Кроме того, происходит значительная диссипация энергии в прилегающих к

зоне резки объемах продукта. Это значит, что в обособленной системе «нож-стебель» не может быть применен закон сохранения энергии [19]. Вместе с тем резание лезвием можно представить как процесс образования трещины, боковые поверхности которой нагружены распределенным напряжением, которое обусловлено силами, возникающими при воздействии клина ножа на стебель. Для такой трещины можно применять условия классической равновесия и уравнения импульсов [20, 21]. Силы, возникающие при

контакте клиноподобного инструмента с продуктом, во время его движения выполняют некоторую работу и передают энергию разрезанным частицам стеблей кукурузы.

Согласно теореме «живых» сил для сплошной среды полный приток внешней энергии можно представить как сумму работ для выполнения элементарных процессов, которые сопровождают процесс измельчения (рис. 1) (разрыв структурных связей, деформации, трения и др.).

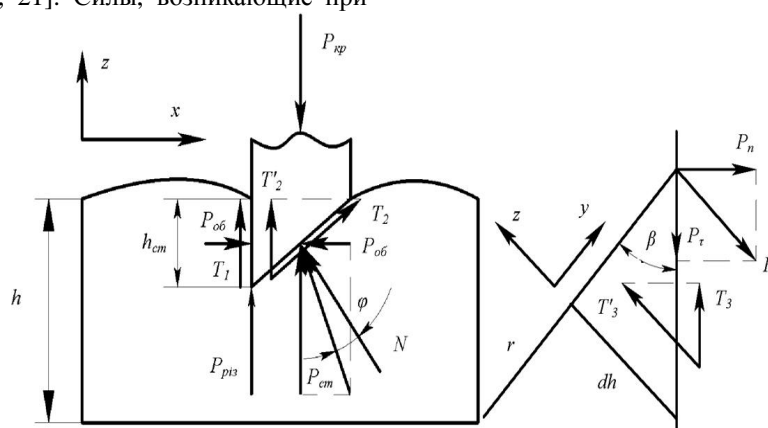


Рис. 1. Сопrotивление, возникающее при проникновении лезвия в стебель

Fig. 1. Resistance occurs when the blade penetrates into the stem

При резании стеблей кукурузы 80-85% от общего расхода энергии используется на пластические деформации и 15-20% - на преодоление молекулярных сил или поверхностной энергии. Напряжение резания уменьшаются пропорционально уменьшению предварительной деформации. Предыдущая деформация будет зависеть от удельной площади контакта лезвия (рис. 2) и материала перерезается, а также от угла скольжения лезвия по следующим соотношениям:

$$0 < \beta < 45^\circ \quad k_f = 1 - \frac{tg\beta}{2}, \quad (1)$$

$$45 < \beta < 90^\circ \quad k_f = \frac{1}{2tg\beta}, \quad (2)$$

где k_f - коэффициент удельной площади контакта лезвия и разрезаемого материала.

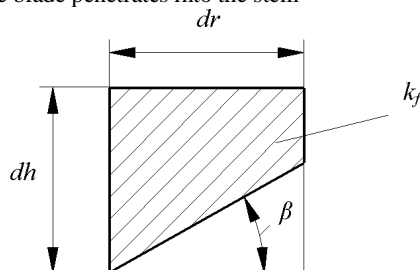


Рис. 2. Схема для определения коэффициента удельной площади контакта лезвия и стеблей кукурузы

Fig. 2. Scheme to determine the sar area of contact blades and stalks of corn

Исходя из анализа уравнений, приведенных в монографии Л.С. Мороза [10], описывающие измельчения твердых тел, а также на основе других исследований [3,11] можно сделать вывод, что общая работа, которая затра-

чивается на резание стеблей кукурузы, является суммой следующих составляющих:

$$\sum_{i=1}^5 dE = dE_1 + dE_2 + dE_3 + dE_4 + dE_5, \quad (3)$$

где: dE_1 - элементарная работа на преодоление сил сцепления структурных связей продукта, Дж;

dE_2 - элементарная работа на пластическую деформацию продукта, расположенного в зоне лезвия инструмента перед разрезом, Дж;

dE_3 - элементарная работа на смещение боковин сечения и деформации продукта вблизи этих боковин, Дж;

dE_4 - элементарная работа на преодоление сил трения инструмента по боковинах сечения, Дж;

dE_5 - элементарная работа на предоставление кинетической энергии измельченным кускам продукта, Дж.

Очевидно, что элементарная работа dE_5 выполняется, когда измельченные частицы листостебельной массы выбрасываются из зоны резания с некоторой скоростью.

Работу на преодоление сил сцепления структурных связей продукта можно определить из соотношения:

$$E_1 = \sum_{i=1}^n dE_1 = \int_0^l \int_0^{\tau} \sigma_H(l) \cdot dl \cdot V_{pis} \cdot d\tau, \quad (4)$$

где: $\sigma_H(l)$ - удельное усилие разрыва структурных связей;

l - длина режущего лезвия;

V_{pis} - скорость проникновения режущего элемента в продукт;

τ - время проникновения режущего элемента в продукт.

По мере величины удельного усилия разрушение структурных связей принята средняя интегральная величина усилия разрыва структурных связей, которая может быть наиболее точно определена эмпирическим путем. Но в самой природе его определения заложено много факторов (степень затупления инструмента, его форма, шероховатость поверхности и т.п.), которые

позволяют провести расчеты только для конкретной ситуации и при наличии экспериментальных данных.

Наибольшее влияние на удельное усилие разрыва структурных связей $\sigma_H(l)$ при резке лезвием оказывают:

- масса стебля (m);

- физико-механические свойства стебля, в том числе, жесткости стебля ($E \cdot J$);

- скорость резания стеблей (V) и время удара режущего инструмента (τ);

- комплексный коэффициент, учитывающий конфигурацию инструмента (K), в том числе, способа резки (без-, одно- и двухподпорное), угла скольжения и заточки, поверхности режущей кромки, а также толщины лезвия.

Таким образом, удельное усилие разрыва структурных связей функционально определяется следующими характеристиками и параметрами:

$$\sigma_H(l) = \frac{F_{pis}}{l} = \frac{f(m; V_{pis}; E \cdot J; \tau; K)}{l}. \quad (5)$$

Скорость проникновения лезвия в продукт может быть постоянной по всей длине лезвия и тогда процесс похож на рубку, или переменной при некоторых видах скользящего резания.

Для обоснования критических скоростей и минимального усилия резания необходимо определить режимы на которые можно разделить процесс резания. Если предположить, что фаза резки развивается в деформируемой зоне и вызывает напряженное состояние волокон стебля и последующее их разрушение, то при анализе этого процесса целесообразно выделить три последовательные режимы, при которых определяют критические скорости резания [5]:

1. Квазистатический - режим, при котором скорость резания меньше первой критической, имеет место процесс квазистатического деформации измельчаемого материала. Происходит переход от разрушения материала по слабым сечениям слоя не совпадает с плоскостью разреза, к разрушению

материала в плоскости разреза. За счет этого усилие резания возрастают. Время воздействия кромки лезвия на сырье обратно пропорционален скорости. Отсюда следует вывод, что с удалением от центра вращения лезвия, для одного и того же значения величины линейной деформации, время воздействия на сырье уменьшается, так же уменьшается и объем деформации сырья действительно обратно пропорционален линейной скорости или радиус-вектора r точки режущей кромки при вращательном движении рабочих органов.

2. Ударный - режим, при котором происходит ударное воздействие лезвия на продукт. Описание процесса резания в этом случае связан с использованием теории удара. Величина ускорений слоев материала достигает значительных величин.

3. Волновой - режим, при котором скорость резания превышает скорость распространения звука в данном материале, в измельченной массе происходит возникновение ударных волн. Напряжение передаются в материал со скоростью звука. При превышении скорости резания скорости распространения напряжений, напряжения оказываются сконцентрированными - локализованными в лезвия.

При резке лезвием материал разрушается в основном под действием давления вершины двухгранных углов рабочей части ножа, называемой лезвием. Рабочий процесс резания материала лезвием состоит из двух этапов: предварительного уплотнения и собственно резания. Представим это в виде кривой (рис. 3).

Начальная часть кривой отображает процесс сжатия - уплотнение. Сам процесс резания характеризуется волнообразной кривой - последовательностью упругих (bc, de) и пластических (ab, cd) деформаций, которые завершаются разрушением материала. Сила сжатия, действующая со стороны ножа и способна нарушить процесс резания, называется критической силой. Для при-

ближенной оценки усилия в произвольный момент резания продукта участок нарастания силы oa можно аппроксимировать четвертой частью синусоиды гармонического закона [12]:

$$P = P_0 \cdot \sin \omega t, \quad (6)$$

где: $P_0 = \delta \cdot l \cdot \sigma_{np}$ - значение силы резания;

δ - острота лезвия;

l - длина режущего лезвия, которая принимает участие в работе;

σ_{np} - прочность стеблей кукурузы на разрыв;

ω - текущее значение угловой скорости.

Тогда:

$$P = \delta \cdot l \cdot \sigma_{np} \cdot \sin \omega t. \quad (7)$$

Учитывая, что девиатор тензора напряжений при деформировании вязкоупругих тел пропорциональна девиатору тензора перемещений [2,13] будем считать, что перемещение таких тел при деформации перед резанием носит также гармоничный характер, а потому:

$$x = x_0 \cdot \sin(\omega t - \varphi), \quad (8)$$

где: x_0 - путь, который проходит лезвие при погружении его в продукт перед перерезанием, или прогиб стебля до момента перерезания (рис. 4);

φ - отставание деформации от фазы роста силы.

Величина прогиба стебля будет влиять на общую работу резания. С увеличением прогиба время перерезания, при постоянной скорости, будет увеличиваться, а ударное воздействие лезвия на стебель уменьшится. Это явление негативно влияет на работу режущих аппаратов при безподпорном и одноподпорном резании стеблей. Поэтому было предложено конструкцию режущей пары, состоящей из лезвия и двух противорежущих элементов, которая апробирована в интегрированном измельчающем устройстве. Экспериментальным путем получены значения зазора между режущим и противорежущими элементами резальной пары,

для стеблей толстостебельных культур составляет:

$$0,03 \cdot d \geq e \geq 0,1 \cdot d, \text{ мм,}$$

где: d - средний диаметр стебля, мм.

При этом зазоре достигается нужная качество измельчения листостебельной массы при минимальной скорости резания и работе на отклонения и перерезания стеблей кукурузы.

Работа, которую выполняет гармоничная сила на малом перемещении dx равняется $P \cdot dx$, или $P \cdot \frac{dx}{dt} \cdot dt$.

Очевидно, что работа на предыдущую деформацию продукта перед резкой при гармоническом законе изменения силы резания равна:

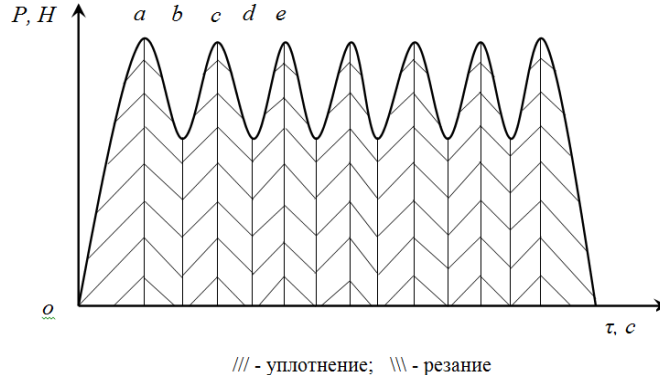


Рис. 3. Рост усилия при ударном взаимодействии инструмента со стеблем кукурузы

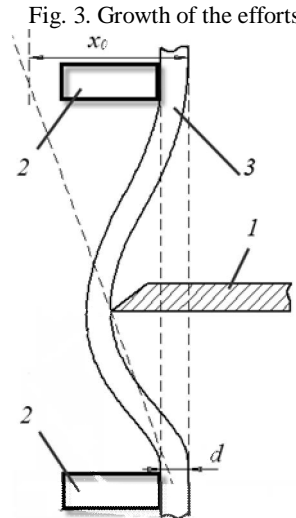


Рис. 4. Схема для определения величины прогиба стебля: 1 - режущий элемент, 2 - противорежущие пластины 3 - стебель кукурузы

Fig. 4. The scheme for determining the deflection of the stem: 1 - cutting element, 2 - the counter plate 3 - a stalk of corn

Fig. 3. Growth of the efforts under shock interaction with the tool of corn

$$E_1 = \int_0^{\pi/2} \delta \cdot l \cdot \sigma_{np} \cdot \sin \omega t \cdot x_0 \cdot \omega \cdot \cos(\omega t - \varphi) \cdot dt = \delta \cdot l \cdot \sigma_{np} \cdot x_0 \cdot \int_0^{\pi/2} \sin \omega t \cdot \cos(\omega t - \varphi) \cdot d(\omega t) = \delta \cdot \sigma_{np} \cdot l \cdot x_0 \cdot \int_0^{\pi/2} \sin \omega t \cdot (\cos \omega t \cdot \cos \varphi + \sin \omega t \cdot \sin \varphi) \cdot d(\omega t).$$

Учитывая, что $\sin^2 \omega t = \frac{1}{2}(1 - \cos 2\omega t)$ и интегрируя уравнение (9) по частям получим:

$$E_1 = \frac{\delta \cdot l \cdot \sigma_{np} \cdot x_0}{4} \cdot (\pi \cdot \sin \varphi + \cos \varphi). \quad (10)$$

Величина φ постоянная для заданных режимов резания, но она зависит от скорости взаимодействия режущего лезвия со стеблем. С помощью метода накатанных сеток [3] было установлено, что для статических режимов резания $\varphi = 90^\circ$, а с уменьшением скорости резания постепенно уменьшается и при перемещении острого лезвия со скоростью более 3 ... 5 м / с величина φ стремится к нулю ($\varphi \approx 0$).

Работа по уплотнению продукта перед резанием является переменной величиной. Она самая большая при статических режимах резания, когда величина деформации достигает наибольшего значения, и уменьшается при увеличении скорости резания [1, 14, 15]. Кроме того, значение внешней силы достаточной для перерезания продукта зависит от ряда факторов, в частности от радиуса закругления режущего лезвия. Экспериментально установлено [1, 3], что величина усилия резания при внедрении режущего лезвия в продукт постепенно увеличивается к обеспечению разрушения структурных связей. Работа этой силы может быть найдена из соотношения:

$$E_2 = \sum_{i=1}^n dE_2 = \int_0^{\pi} \sigma_H(\rho; l) \cdot V_{pi3} \cdot d\tau \cdot dl, \quad (11)$$

где $\sigma_H(\rho; l)$ - удельная величина линейной силы резания;

$$\sigma_H(\rho; l) = \frac{\bar{P}_{cm}}{l} = \frac{E \cdot k_f \cdot tg\alpha \cdot \frac{h_{cm}^2}{h}}{\left(1 - \frac{1}{e^\gamma}\right) \cdot l}, \quad (12)$$

E - модуль упругости для стеблей кукурузы;

γ - коэффициент, что учитывает время деформации;

α - угол заточки лезвия;

h_{cm} - предыдущая деформация стебля;

h - толщина стебля, что перерезается.

τ - время погружения режущего лезвия до перерезания структурных связей продукта при данных режимах;

ρ - радиус закругления лезвия инструмента.

$$E_2 = \sum_{i=1}^n dE_2 = \int_0^{\tau} \int_0^l \frac{E \cdot k_f \cdot tg\alpha \cdot \frac{h_{cm}^2}{h}}{\left(1 - \frac{1}{e^\gamma}\right) \cdot l} \cdot V_{pi3} \cdot d\tau \cdot dl. \quad (13)$$

Работа на перемещение боковин продукта при резании в основном расходуется на деформирование прилегающих к зоне резки объемов. Величина этой работы определяется произведением сил, распределенных по рабочим граням клина режущего лезвия, на

величину прилегающих к этим граней поверхностей сечения:

$$dE_3 = N \cdot V_{pi3} \cdot d\tau \cdot ds, \quad (14)$$

где: $V_{pi3} \cdot d\tau$ - значение перемещения

поверхности сечения;

ds - элементарная площадь на боковой грани клина;

N - удельная сила, действующая на фаску ножа и вызывающая перемещение поверхности сечения:

$$\vec{N} = \vec{P}_{cm} \cdot \sin\alpha + \vec{P}_{об} \cdot \cos\alpha, \quad (15)$$

$$E_3 = \iint_S N \cdot V_{pi3} \cdot d\tau \cdot ds = \iint_S (\vec{P}_{cm} \cdot \sin\alpha + \vec{P}_{об} \cdot \cos\alpha) \cdot V_{pi3} \cdot d\tau \cdot ds. \quad (16)$$

Величина работы на перемещение боковин пересечения продукта в общем случае равна работе сил, потраченных на деформирование объема продукта, прилегающей к зоне сечения [7]:

$$E_3 = \iiint_V (\vec{P}_{cm} \cdot \sin\alpha + \vec{P}_{об} \cdot \cos\alpha) \cdot \xi_{ij} \cdot d\tau \cdot dV, \quad (17)$$

где: ξ_{ij} - тензор скоростей деформаций

в объеме V ;

$\xi_{ij} \cdot d\tau$ - тензор деформаций в объеме V .

Учитывая, что время релаксации напряжений значительно больше время контакта лезвия со стеблем, условно считаем, что силы сжатия листостебельной массы лезвием инструмента остаются постоянными при дальнейшем (после проникновения лезвия в стебель) движении режущего инструмента в пластическом среде.

Очевидно, что распределенные силы P_{ij} вызывают при смещении боковых поверхностей режущего клина относительно стеблей силы трения, которые также выполняют некоторую работу:

$$E_4 = E_4' + E_4'', \quad (18)$$

где: E_4' - работа сил трения продукта на пределе ножа;

$$E_4' = \iint_{S_1} f \left(P_{об} + p_0 \frac{h_{cm}}{\cos\beta} \right) \cdot V_{pi3} \cdot d\tau \cdot ds_1, \quad (19)$$

где: f - коэффициент трения между измельченной массой и материалом лезвия;

$P_{об}$ - сила обхвата части стебля, которая перерезается режущим элементом;

$$\vec{P}_{об} = \frac{E \cdot k_f \cdot \mu \cdot d \cdot h_{cm}^3}{2 \cdot h \cdot \left(1 - \frac{1}{e^\gamma}\right)}, \quad (20)$$

p_0 - адгезия стеблей, что измельчаются к материалу ножа.

Тогда:

$$E_4' = \iint_{S_1} f \left(\frac{E \cdot k_f \cdot \mu \cdot d \cdot h_{cm}^3}{2 \cdot h \cdot \left(1 - \frac{1}{e^\gamma}\right)} + p_0 \frac{h_{cm}}{\cos \beta} \right) \cdot V_{pi3} \cdot d\tau \cdot ds_1, \quad (21)$$

где: E_4'' - работа сил трения продукта на фаске лезвия.

$$E_4'' = \iint_{S_2} f \cdot \left(N + p_0 \frac{b}{\sin \alpha \cdot \cos \beta} \right) \cdot \cos \alpha \cdot V_{pi3} \cdot d\tau \cdot ds_2, \quad (22)$$

Тоисть:

$$E_4 = \iint_{S_1} f \left(\frac{E \cdot k_f \cdot \mu \cdot d \cdot h_{cm}^3}{2 \cdot h \cdot \left(1 - \frac{1}{e^\gamma}\right)} + p_0 \frac{h_{cm}}{\cos \beta} \right) \cdot V_{pi3} \cdot d\tau \cdot ds_1 + \iint_{S_2} f \cdot \left(N + p_0 \frac{b}{\sin \alpha \cdot \cos \beta} \right) \cdot \cos \alpha \cdot V_{pi3} \cdot d\tau \cdot ds_2, \quad (23)$$

где: S_1 , S_2 - площади, соответственно, боковой грани лезвия и боковой поверхности тела режущего инструмента;

f - коэффициент трения между измельченной массой и материалом лезвия.

Очевидно, что площади S_1 и S_2 зависят от геометрических параметров инструмента, а длина $V_{pi3} \cdot d\tau$ взаимного контакта инструмента и продукта определяется с учетом площади сечения продукта. Размер P_{ij} также может быть определена экспериментально. Силы трения легко определяются опытным путем в условиях, соответствующих условиям трения при резке.

Работа на предоставление кинетической энергии отрезанным кускам продукта определяется с учетом их массы и скорости движения:

$$E_5 = \iiint_V dE_5 = \iiint_V m_i \cdot V_{pi3} \cdot dV \cdot dV = \frac{m \cdot V_0^2}{2}, \quad (24)$$

где V_0 - скорость центра массы отрезанного кусочка;

m - масса отрезанного кусочка продукта;

V - объем кусочка.

Тогда в общем виде уравнение для определения общей работы резания примет следующий вид:

$$\left\{ \begin{aligned} \sum_{i=1}^s dE &= \frac{\delta \cdot l \cdot \sigma_{np} \cdot x_0}{4} \cdot (\pi \cdot \sin \varphi + \cos \varphi) + \int_0^l \int_0^{\tau} \frac{E \cdot k_f \cdot tg \alpha \cdot \frac{h_{cm}^2}{h}}{\left(1 - \frac{1}{e^\gamma}\right) \cdot l} \cdot V_{pi3} \cdot d\tau \cdot dl + \\ &+ \iiint_V \left(\vec{P}_{cm} \cdot \sin \alpha + \vec{P}_{об} \cdot \cos \alpha \right) \cdot \xi_{ij} \cdot d\tau \cdot dV + \\ &+ \iint_{S_1} f \left(\frac{E \cdot k_f \cdot \mu \cdot d \cdot h_{cm}^3}{2 \cdot h \cdot \left(1 - \frac{1}{e^\gamma}\right)} + p_0 \frac{h_{cm}}{\cos \beta} \right) \cdot V_{pi3} \cdot d\tau \cdot ds_1 + \\ &+ \iint_{S_2} f \cdot \left(N + p_0 \frac{b}{\sin \alpha \cdot \cos \beta} \right) \cdot \cos \alpha \cdot V_{pi3} \cdot d\tau \cdot ds_2 + \frac{m \cdot V_0^2}{2}, \end{aligned} \right. \quad (25)$$

ВЫВОДЫ

При резке листостебельной массы режущий инструмент выполняет работу, связанную с предыдущим деформи-

рованием стеблей, разрывом ее структурных образцов, смещением поверхности разрезания от плоскости резания и все эти элементарные процессы сопровождаются трением продукта по

поверхностям инструментов. Очевидно, что каждый процесс влияет не только на физико-химические свойства продукта, но и на трансформацию геометрических параметров инструментов и кинетика резки. Причем влияние каждого из этих факторов на все составляющие выполняемой работы далеко неоднозначен.

Поэтому для оптимизации работы измельчающих аппаратов, инструменты которых осуществляют двохподпорне резание стеблей кукурузы, по количеству затраченной на резание энергии необходимо анализировать влияние кинетических и геометрических параметров на каждую составляющую выполненной инструментом работы и внедрить оптимизацию процесса по суммарным затратам работы, или энергии, не оставляя без внимания показатели качества измельчения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андрієвський Р.О., 1974. Міцність тугоплавких сполук / Андрієвський Р.О., Ланін А.Г., Римащевський Г.А.. — М. : Металургія. — 327.
2. Бондаренко А.В., 2008. Обоснование кинематических параметров початкоотделяющего аппарата пассивного вибрационного действия / Бондаренко А.В., Ракул А.И. // Motrol. — Vol. 10B. 124—132.
3. Бондаренко О.В., 2010. Адаптированный початкоотделяющий аппарат : Материалы Международной научно-практической конференции (Минск 19-20 октября 2010 г) Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. — Минск : НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства. — №5. 32-37.
4. Веников В.А., 1972. Кибернетика и моделирование в энергетике / Веников В.А., Мелентьев Л.А.. — М. : Наука. — 207.
5. Віннікова Л.Г., 2000. Теорія і практика переробки м'яса / Л.Г. Віннікова. — Ізмаїл: СМНЛ. — 172.
6. Гольберг И.И., 1970. Механическое поведение полимерных материалов / И.И. Гольберг. — М.: Химия. 190.
7. Дацишин О.В., 2005. Машини та обладнання переробних виробництв : навч. посібник / О.В. Дацишин, А.і. Ткачук, Д.С. Чубовта ін.; за ред. О.В. Дацишина. — К.: Вища освіта. 159.
8. Клименко М.М., 2006. Технологія м'яса і м'ясних продуктів : підручник / М.М. Клименко, Л.Г. Віннікова, І.Г. Береза та ін. ; за ред. М.М. Клименка. — К.: Вища освіта. 640.
9. Клюев В.В., 1978. Приборы и системы для измерения вибрации, шума, удара : справочник; в 2-х кн / Под ред. В.В. Клюева. — М.: Машиностроение. — Кн. 1. 448.
10. Корнюшко Л.М., 1993. Оборудование для производства колбасных изделий. Справочник/ Л.М. Корнюшко. — М.: Колос. 304.
11. Красниченко А.В., 1961. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин / А.В. Красниченко. — М. : Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы. 860.
12. Лившиц В.Г., 1980. Физические свойства металлов и сплавов / Лившиц В.Г., Крапошин В.С, Линецкий Я.Г.. — М. : Металлургия. 218.
13. Мороз Л.С., 1984. Механика и физика деформаций и разрушения материалов / Л.С. Мороз. — Л.: Машиностроение. 224.
14. Партон В.З., 1985. Механика упругости пластического разрушения / В.З. Партон, Е.М. Морозов. — М.: Наука. 504.
15. Пелеев А.И., 1971. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности / А.И. Пелеев. — М.: Пищевая промышленность. 519.

16. Седов Л.И., 1976. Механика сплошной среды / Л.И. Седов. — М.: Наука, т.1, т.2. — 576.
17. Селезнев Ю.В., 2001. Управление проектами на основе системного решения изобретательских задач / Селезнев Ю.В., Кошкин К.В. // Сб. науч. трудов УГМТУ №6 (378). — Николаев: УГМТУ. 149—160.
18. Слепян Л.И., 1981. Механика трещин / Л.И. Слепян. — П: Судостроение. 296.
19. Сукач М.К., 2011. Сопротивление песчаного грунта при щелевом резании широким ножом / Сукач М.К., Новиков Р.Ю. // Motrol. — Vol. 13C. 183—189.
20. Сухенко В.Ю., 2000. Застосування плазмового напилення для підвищення довговічності м'ясорізальних вовчків / Сухенко В.Ю., Таран В.М., Сухенко Ю.Г. // Харчова промисловість. — К.: УДУХТ. — Вип. 45. 229-234.
21. Сухенко Ю.Г., 1993. Технологічні методи забезпечення довговічності обладнання харчової промисловості / Сухенко Ю.Г., Некоз О.І., Стечишин М.С. — К.: Елерон. 107.
22. Третьяк Л.Н., 2004. Обработка результатов наблюдений: учебное пособие / Л.Н. Третьяк. — Оренбург: ГОУ УГО. 171.
23. Ферри Дж., 1963. Вязкоупругие свойства полимеров / Дж. Ферри; пер. с англ. — М.: Издательство иностранной литературы. 535.
24. Хикс Ч., 1967. Основные принципы планирования эксперимента, пер. с англ. — М.: Мир. 343.
25. Чижова Т.В., 1982. Машины для измельчения мяса и мясных продуктов / Т.В. Чижова. — М.: Легкая и пищевая промышленность. — 302.
26. Шатилов К.В., 1981. Кукурузоуборочные машины / К.В. Шатилов, Б.Д. Козачок, А.П. Орехов и др. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение. 224.
27. Ярцева М.Б., 1973. Методика математического планирования эксперимента / М.Б. Ярцева. — М.: Наука. 140.

ENERGY PERFORMANCE OF CUTTING CORN STALKS

Abstract: The proposed method of analytical evaluation of energy security indicators process of cutting cornstalks in an integrated grinding machine

Key words: energy, cutting corn stalks, knife sharpening angle, cutting force, the optimization

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА РАБОЧЕГО ОРГАНА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ТОМАТОВ ДЛЯ МАШИНЫ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ-ПРОТИРЩИКА

Елена Горбенко, Александр Чебан, Алексей Норинский

Николаевский государственный аграрный университет
54028, Украина, Николаевская обл., г. Николаев, ул. Крылова 17А

Аннотация. В статье выполнен анализ известных типов дробильных устройств плодовоовощного сырья, и предложена конструкция измельчающего модуля машины для измельчения и протирки томатов. Приведены результаты экспериментальных исследований режимов работы модуля. Определен оптимальный скоростной режим, что обеспечивает качество отделения сока и кондиционных семян.

Ключевые слова: комплектное оборудование; полный цикл переработки томатов; технологическая линия; модуль измельчения; скоростные режимы.

ПРОБЛЕМА

Увеличение объемов производства томатов и спроса на продукцию их переработки делает актуальной разработку и внедрение в производственных условиях комплектного оборудования, которое будет обеспечивать полный цикл переработки томатного сырья с возможностью получения кондиционных семян, которое может быть использовано в дальнейшем как посевной материал.

Анализ конструкций известных технологических линий переработки томатов позволил предложить комплексную технологическую линию полного цикла переработки томатов с выделением семян [1] в состав которой входит машина для отделения плодовоовощного и ягодного сока с мякотью [2], которая осуществляет одновременное выполнение 2-ох технологических операций измельчения и протирки сырья.

Качество выполнения технологического процесса зависит от степени измельчения сырья, разделения на фракции (сок, шкурка, семена) и отделения семян с минимальной степенью травмирования. Для интенсификации процесса разделения сырья на фракции

и отделения сока, а также обеспечение минимизации травмирования семян томатов в конструкции машины [2] предлагается использование модуля измельчения, конструктивное решение которого разработано после проведения обстоятельного анализа известных дробильных устройств.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В отечественной и зарубежной практике научных разработок для измельчения плодов [3, 4], в том числе и томатов, используются типы дробильных устройств, которые осуществляют:

- измельчение резанием;
- однобарабанное измельчение ударного действия (с глухим или проходным подбарабанием);
- двухбарабанное измельчение комбинированного действия;
- измельчение раздавливанием (валками или барабаном);
- измельчение методом относительного сдвига.

Исследованием процесса измельчения плодов занимались такие научные работники как: И.Ф. Анисимов, О. Ангелов, М. Камдзелис, Б.М. Емелин, М.М. Овчаров и другие [4, 5, 6].

Качественную сторону процесса отделения сока определяет в значительной мере первичная операция — измельчение плодов. Следовательно, устройство что измельчает, предназначенный для этой цели, с полным основанием можно считать наиболее важным рабочим органом в машинах для измельчения, поскольку именно его работа определяет наиболее существенные показатели работы всей машины [3, 7, 8].

Для принятия решения относительно конструкции модуля измельчения машины для измельчения и протирки томатного сырья выполнен анализ относительно конструкций дробильных устройств соответственно отмеченной классификации [3, 9 - 14].

Наиболее пригодными для использования при измельчении томатов одноробочный измельчитель ударного действия с глухим подбарабанием (рис. 1) [3]. Он применяется для измельчения томатов на семенных линиях в машине СОМ-2.

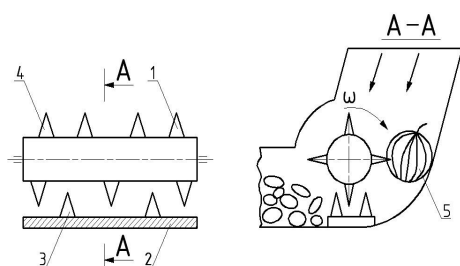


Рис. 1. Дробильное барабанное устройство ударного действия с глухим подбарабанием:

1 – барабан; 2 – глухое подбарабание; 3 – зубы подбарабания; 4 – зубы барабана; 5 – плод

Fig. 1. Shredding drum device impact of deaf concave:

1 - drum 2 - deaf concave, 3 - teeth pidbarabannya 4 - teeth drum, 5 - fruit

При вращении зубы барабана проходят между зубами неподвижной глухой деки и осуществляют измельчение

плодов. Зубы на барабане расположены по винтовой линии, которая обеспечивает лучшее продергивание материала. Этот тип устройства для измельчения не нашел широкого распространения, поскольку отсутствующая регуляция степени измельчения плодов.

Дробильное устройство комбинированного действия, включает штифтовой и бильный барабаны (рис.2).

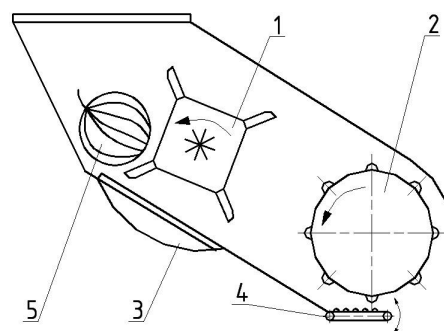


Рис. 2. Дробильное устройство комбинированного действия:

1 – штифтовой барабан; 2 – бильный барабан; 3 – подбарабание штифтового барабана; 4 – подбарабание бильного барабана; 5 – плоды

Fig. 2. Shredding device combined action:

1 - pin drum 2 - drum metastable 3 - concave glow drum, 4 - is stable concave bowl, 5 - fruit

Штифтовой барабан осуществляет предыдущее измельчение плодов на крупные фракции, при этом частично освобождаются семена. Бильный барабан осуществляет вытирание связанных семян, которые остались. Таким образом, комбинированное действие двух типов барабанов обеспечивает измельчение плодов и освобождение семян. Недостатком является образование мелкой фракции, которая имеет негативное влияние при процессе протирки.

В зарубежной практике используют устройства что измельчают методом раздавливания.

Давильные вальцы применяются на машине для выделения семян из огурцов, разработанной [5] в США (рис. 3).

Давильный барабан применяется на прицепной машине НН-500 для выделения семян из огурцов непосредственно в поле.

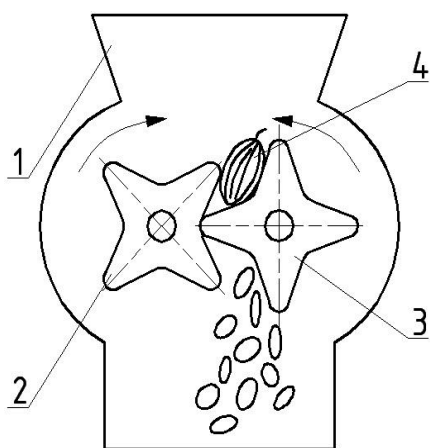


Рис. 3. Измельчение давящими вальцами
1 – тулуп; 2, 3 – давящие вальцы; 4 – плоды

Fig. 3. Shredding davilnjami cylinders
1 - coat, 2, 3 - spinning mills, 4 - fruit

Преимущество устройств, которые измельчают методом раздавливания, (рис. 3) в практически отсутствии мелкой фракции, которая улучшает процесс отделения шкурки.

С учетом недостатков известных дробильных устройств предложена конструкция дробильного модуля (рис. 4), в который входит штифтовой подвижной барабан с возможностью регулировки зазора, неподвижное подбарабание, что имеет наклонную часть и направляет предварительно измельченное сырье на последующую протирку.

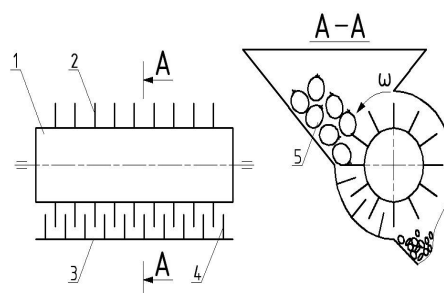


Рис. 4. Дробильный модуль ударного действия с неподвижным подбарабанием
1 – барабан; 2 – штифты; 3 – неподвижное подбарабание; 4 – штифты подбарабания; 5 – плод

Fig. 4. Shredding module impact real concave

1 - drum, 2 - pins 3 - still concave, 4 - pins are concave, 5 - fruit

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для подтверждения эффективности использования дробильного модуля машины для измельчения и протирки томатов проведены лабораторные исследования режимов работы.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Качество разделения томатного сырья на фракции (сек, шкурка, семена) зависит от процесса первичного измельчения. Степень измельчения плодов определяется скоростными режимами дробильного барабану [15, 16].

В конструкции дробильного модуля при измельчении томатов предусмотрена возможность регулировки зазора между подвижными и неподвижными бичами. Величина зазора может колебаться в пределах 10-25 мм.

Процесс протирки измельченной массы [3], который происходит на следующем этапе разделения на фракции лучше всего выполняется при наличии не менее 20% фракции, которая имеет размеры 10-30 мм [19, 20].

Для определения скоростных режимов [17, 18] при которых можно получить максимальное количество такой

фракции проведены экспериментальные исследования при таких скоростях вращения дробильного барабана модуля: 5, 8, 11, 14, 17, 20, 23 м/с.

При скоростных режимах 5 и 8 м/с крупные фракции размером 30-50; и больше 50 мм составляют 86-90%. Мелкая фракция размером до 10 мм не превышает 6%. Незначительное содержание мелкой фракции в измельченной массе обеспечивает качественный выход фракции сек.

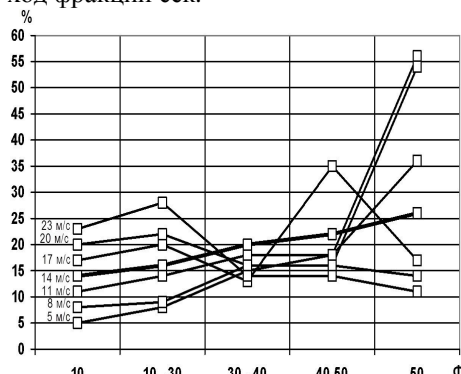


Рис. 5. Динамика процентного содержания большого фракций (Ф) измельченной массы плодов томата в зависимости от режимов работы дробильного барабана (м/с)

Fig. 5. Dynamics of the percentage of large fractions (F) chopped tomato fruit weight depending on the modes crush drum (m/s)

Изменение фракционного состава измельченной массы плодов томата в зависимости от режимов работы дробильного устройства графически представлено на рис. 5. Из графика видно, что если при скоростных режимах дробильного устройства 5-11 м/с мелкая фракция до 10 мм не превышает 13%, то при скоростном режиме 14 м/с - 17%. При последующем повышении скоростных режимов до 17, 20 и 23 м/с содержание мелкой фракции резко повышается до 25-33%. В то же время, соответственно результатам экспериментальных исследований, скоростные режимы 5, 8 и 11 м/с не обеспечивают качество прохода фракции - сек. С повышением скоростных режимов на-

блюдается увеличение в общей измельченной массе мелкой фракции размером до 10 мм

При проведении экспериментальных исследований наблюдался влияние режимов дробильного устройства на качество семян. После проведенного анализа отмечено, что даже при повышенных режимах измельчения семенных плодов травмирования семян практически не происходит. Изменение режимов работы дробильного устройства отражается на качестве семян с точки зрения их чистоты, но существует возможность их доведения до посевных кондиций.

ВЫВОД

Проведенный анализ конструкций известных дробильных устройств позволил разработать конструктивное решение дробильного модуля машины для измельчения и протирки томатов.

Проведение экспериментальных исследований режимов работы модуля позволило сделать вывод, что наиболее, эффективным скоростным режимом является режим 14 м/с при котором измельченная фракция размерами 10-30 мм составляет 17%, что представляется оптимальным для обеспечения качества отделения сока и, кроме того, не имеет негативного влияния на качество (травмирование) отделенных семян.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. 58968 У Украины, МПК А23n15/00. Комплексная технологическая линия полного цикла переработки томатов с выделением семян / Чебан О.Я., Пастушенко С.И, Горбенко О.А., Огиенко М.М, Горбенко Н.А. - заявл. 05.11.10; Опубл. 26.04.11. Бюл. №8.
2. Пат. 32413 У Украины, МПК А23n15/00. Машина для отделения плодовоощного и ягодного сока с мякотью / Чебан О.Я., Пастушенко С.И, Горбенко О.А., - заявл. 28.01.08; Опубл. 12.05.08. Бюл. №9.

3. Анисимов И.Ф., 1987 Машины и поточные линии для производства семян овощебахчевых культур / И.Ф. Анисимов – Кишинев: Штиинца., – 292
4. Летошнев М.Н., 1954, Сельскохозяйственные машины / М.Н. Летошнев. – М.– Л.: Сельхозгиз.. – 765.
5. Горячкин В.П. Коренерезки / В.П. Горячкин, 1901 // Полная энциклопедия русского сельского хозяйства. – СПб: Изд. А.Ф. Девриена., – Т. IV. – 737-741.
6. Дебу К.И., 1930 Сельскохозяйственное машиноведение / К.И. Дебу. – М.– Л.: Госиздат.. – 476.
7. Гореньков Э.С., Биберган В.Л., 1989 Оборудование консервного производства: переработка плодов и овощей. Справочник. –М.: Агропромиздат.,-256.
8. Рибак Г.М., Блашкіна О.А., Литовченко О.М., 1990 Довідник по переробці плодів, ягід і винограду. К.: Урожай. -262.
9. Ревенко И.И. Интенсификация процесса переработки кормов молотковыми измельчителями : автореф. дис. на здобуття ступеня докт. техн. наук : спец. 05.410 «Механизация сельского хозяйства» / И.И Ревенко – К. – 38.
10. Горбатюк В.И. , 1999, Процессы и аппараты пищевых производств. / В.И. Горбатюк. – М: Колос. – 335.
11. Машины, оборудование, приборы и средства автоматизации для перерабатывающих отраслей АПК. М.: Информаготех. –ч.2. -1986. – 112.
- 12.Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості / І.С. Гулий, М.М. Пушанко, Л.О. Орлов, В.Г. Мирончик, та ін. , 2001 За редакцією академіка УААН Гулого І.С. – Вінниця: Нова книга, – 576.
- 13.Стабников В.Н., Лысянский В.М., Попов В.Д.,1985 Процессы и аппараты пищевых производств. –М.: Агропромиздат., -503.
- 14.Сушков П.Ф. Кормодробилки / П.Ф. Сушков,1936 // Теория, конструирования и производства сельскохозяйственных машин. – М.– Л.: Сельхозгиз.. – Т. 4. – .463-474.
- 15.Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Підручник / О.М. Царенко, Д.Г. Войтюк, В.М. Швайко та ін. 2003; За редакцією С.С. Яцуна. – К.: Мета.. – 448.
- 16.Зайвов А. 1980 Исследования механизированного отделения на семена из дыни / А. Зайвов. Сельскохозяйственная техника.. №7 . 77-82.
- 17.Фабрикант П.Ф. Кормодробилки / П.Ф. Фабрикант 1936 // Теория, конструирования и производства сельскохозяйственных машин. – М.– Л.: Сельхозгиз. – Т. 4. –. 445-461.
- 18.Основы расчета и конструирования машин и автоматов пищевых производств. // Под ред. А.Я.Соколова. –М.: Машиностроение.,-469.
19. Мельников С.В 1980. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Рошин – Ленинград: Колос.,.
20. Соколов А.Я1960.. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов пищевой промышленности. –М.: Пищепром, -742.
- 21 Пастушенко С.І., 2007, Технологічна лінія для отримання насіння овоче-баштанних культур / Пастушенко С.І., Шибанін В.С., Думенко К.Н. MOTROL, MOTORYZACIA I ENERGETIKA ROLNICTWA/MOTORIZATION AND POWER INDUSTRI IN AGRICULTURE, TOM 9A, LUBLIN.
- 22 Пастушенко С.І. , 2007, Методика проведення випробувань машини для отримання насіння гарбузових культур / Пастушенко С.І. Домчук П.П. MOTROL, MOTORYZACIA I ENERGETIKA ROLNICTWA/MOTORIZATION AND POWER INDUSTRI IN AGRICULTURE, TOM 9A, LUBLIN.

RATIONALE OPERATION AUTHORITY PRIOR TO GRINDING MACHINES TOMATO GRINDERS-PROTYRALNYKA

Abstract. The analysis of the known types of grindings down devices of fruit and vegetable raw material is executed in the article, and the construction of the grinding down module of machine is offered for growing and wiping out of tomatoes shallow. The results of experimental researches of the modes of operations of the module are resulted. Certainly the optimum speed mode that provides quality of separation of juice and standard seed.

Key words: complete equipment; complete cycle of processing of tomatoes; technological line; module of growing shallow; speed modes.

РАСЧЕТ ТРЕТЬЕГО И ЧЕТВЕРТОГО ВИРИАЛЬНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ НЕИДЕАЛЬНОГО ГАЗА ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ ПАРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

*Михаил Ушкац, *Сергей Коваль, **Станислав Коваль

*Николаевский национальный университет кораблестроения им. адмирала
Макарова

54025, г. Николаев, пр. Героев Сталинграда, 9

** Николаевский государственный аграрный университет

** 54030, г. Николаев, ул. Крылова 17 а

Аннотация. Представлена методика вычисления третьего и четвертого вириальных коэффициентов неидеального газа для различных потенциалов молекулярного взаимодействия. Получены значения этих вириальных коэффициентов для потенциала Леннарда-Джонса (12-6) и потенциала Морзе в широком диапазоне температур.

Ключевые слова: конфигурационный интеграл, потенциал межмолекулярного взаимодействия, вириальный коэффициент, неприводимый интеграл, вириальное уравнение состояния.

ВВЕДЕНИЕ

И термическое и калорическое уравнения состояния системы взаимодействующих частиц в статистической физике полностью определяются конфигурационным интегралом (конфигурационной частью статистической суммы) [1,2]. Майер [1], используя групповое разложение этого интеграла для случая парноаддитивного потенциала межмолекулярного взаимодействия, получил вириальное уравнение состояния, степенные коэффициенты которого выражаются через неприводимые интегралы для групп соответствующего числа частиц.

Как правило, вычисление второго вириального коэффициента, даже для сложных потенциалов взаимодействия, не представляет значительных трудностей [2]. Вычисление вириальных коэффициентов высших порядков, в большинстве случаев, имеющих практический интерес, возможно уже только численными методами. Поэтому в физике давно сложилась ситуация, когда неидеальность газа и параметры межмолекулярного взаимодействия связывают только со вторым вириальным коэффициентом.

Некоторые исследователи [3-7] пытались уточнить уравнение состояния с учетом третьего и четвертого вириальных

коэффициентов, а в отдельных (значительно упрощенных) случаях даже пятого, шестого и седьмого коэффициентов [8-10]. Однако, некоторые результаты противоречат друг другу в области низких температур [3-5]. Большинство данных имеют ограничения, как количественные (связанные с техническими трудностями), так и по диапазону температур (связанные с попытками упростить интегрирование).

С другой стороны, возможности современной вычислительной техники позволяют решать задачи, которые 50, 20 и даже 10 лет назад считались технически невозможными или слишком сложными. Целью данной работы было вычисление третьего и четвертого вириальных коэффициентов для различных потенциалов молекулярного взаимодействия в широком интервале температур, что позволило бы в дальнейшем точнее описать поведение неидеального газа.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Третий вириальный коэффициент связан со вторым (трехчастичным) неприводимым интегралом β_2 :

$$\beta_2 = \frac{1}{2!} \iint_{V \rightarrow \infty} f(r_{12})f(r_{13})f(r_{23})d\mathbf{r}_{12}d\mathbf{r}_{13},$$

где: функция Майера $f(r) = \exp(-u(r)/kT) - 1$ определяется видом потенциала парного взаимодействия $u(r_{ij})$.

Замена переменных позволяет получить удобное для разных потенциалов взаимодействия выражение β_2 в безразмерной форме:

$$\alpha_2 = \frac{\beta_2}{b^2} = \left(\frac{3}{4}\right) \int_0^{\infty} f(D\sqrt{s}) \chi_2^2 \int_{\frac{s}{4}}^{\infty} f(D\sqrt{s_2}) \chi_2^2 \int_{(\sqrt{s_2}-A)^2}^{\infty} f(D\sqrt{s_1}) \chi_1^2, \quad (1)$$

где: имеющая размерность объема величина b связана с параметром D потенциала взаимодействия (диаметр молекулы или равновесное расстояние между парой молекул – параметр, присущий всем потенциалам) и является первым неприводимым интегралом для твердых сфер $b = \frac{4}{3} \pi D^3$.

Интегрирование по $s \sim r^2$ возможно по любым отрезкам без дополнительных сложных вычислений, что особенно важно для кусочно-непрерывных потенциалов (например, твердых сфер и Са-зерленда). При этом проблема бесконечных пределов численного интегрирования легко решается простой заменой переменной $t = 1/s$, как для s , так и для s_1 и s_2 . Любой парный потенциал имеет точку x_0 , в которой он обращается в 0, поэтому отрезок интегрирования на каждом этапе разбивается на два отрезка: интегрирование по s при $s < (x_0/D)^2$ и интегрирование по t при $s > (x_0/D)^2$, что положительно сказывается на точности вычислений.

В четвертом вириальном коэффициенте $B_4 = -\frac{3}{4} \beta_3$ третий (четырёхчастичный) неприводимый интеграл β_3 определяется тремя различными интегралами: четырех связным β_{34} (рис. 1 а), пяти связным β_{35} (рис. 1 б) и шести связным β_{36} (рис. 1 в):

$$\beta_3 = \frac{1}{3!} (3\beta_{34} + 6\beta_{35} + \beta_{36}).$$

Ввиду того, что в β_{34} и β_{35} интегрирование для молекул 3 и 4 взаимно

независимо, их вычисление мало отличается от вычисления β_2 .

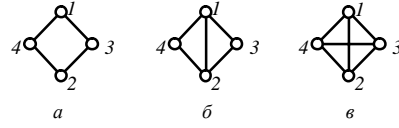


Рис. 1. Четырехчастичные графы.
Fig. 1. Irreducible graphs of four particles.

Ввиду того, что в β_{34} и β_{35} интегрирование для молекул 3 и 4 взаимно независимо, их вычисление мало отличается от вычисления β_2 . Используя аналогичную замену переменных, получаем:

$$\alpha_{34} = \frac{\beta_{34}}{b^3} = \frac{27}{16} \int_0^{\infty} dA \cdot [\Psi(A)]^2, \quad (2)$$

$$\alpha_{35} = \frac{\beta_{35}}{b^3} = \frac{27}{16} \int_0^{\infty} f(DA) dA \cdot [\Psi(A)]^2,$$

где

$$\Psi(A) = \int_{\frac{A^2}{4}}^{\infty} F(s_2) ds_2 \int_{(\sqrt{s_2}-A)^2}^{\infty} F(s_1) ds_1.$$

Интеграл β_{36} является значительно более сложным для вычислений, но такая же как в (1) и (2) замена переменных позволяет и для него получить следующее выражение:

$$\alpha_{36} = \frac{\beta_{36}}{b^3} = \frac{27}{32\pi} \int_0^{\infty} f(Da) da \int_{\frac{a^2}{4}}^{\infty} f(D\sqrt{s_{14}}) ds_{14} \int_{(\sqrt{s_1}-a)^2}^{\infty} f(D\sqrt{s_1}) ds_1 \times \int_0^{\infty} f(D\sqrt{s_{24}}) ds_{24} \int_{(\sqrt{s_2}-a)^2}^{\infty} f(D\sqrt{s_{23}}) ds_{23} \cdot \Phi(s_0, \Delta s) \quad (3)$$

В функции $\Phi(s_0, \Delta s) = \int_0^{\pi} f(D\sqrt{s_0 - \Delta s \cdot \cos \phi}) d\phi$ связывает между собой интегралы по парам переменных $(s_{13}; s_{14})$ и $(s_{23}; s_{24})$, но сама определяется всего двумя переменными $s_0(s_{13}, s_{14}, s_{23}, s_{24})$ и $\Delta s(s_{13}, s_{14}, s_{23}, s_{24})$, что позволяет значительно сократить вычислительные затраты с помощью ее предварительного табулирования.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Для исследования были выбраны четыре различных потенциала межмолекулярного взаимодействия: однопараметрический потенциал твердых сфер, двухпараметрические потенциал

Сазерленда и потенциал Леннард-Джонса (12–6), а также трехпараметрический потенциал Морзе. Первые два потенциала использовались, скорее для проверки адекватности полученных выражений, а выбор последних двух обусловлен их широким применением в науке [11]. Все потенциалы содержат параметр D (диаметр молекулы или равновесное расстояние между парой молекул). Потенциалы Сазерленда, Леннард-Джонса и Морзе включают параметр ϵ_0 (энергия диссоциации парной связи), а потенциал Морзе содержит еще и безразмерный параметр α .

Для численного интегрирования выражений (1, 2, 3) в широком диапазоне значений температуры (безразмерной величины $\tau = kT/\epsilon_0$) использовался метод Гаусса, как оптимально сочетающий точность и простоту. С этой целью, предварительно были созданы таблицы узлов и весов интегрирования для различных значений числа узлов n [12]. При этом значительные затраты машинного времени занимали (вполне ожидаемо) вычисления только α_{36} в (3). Однако применение технологии Compute shader библиотеки DirectX 11 позволяет в десятки раз ускорить вычисления благодаря использованию ресурсов графического процессора вместе с ЦП. Так в системе на базе Intel Core i5 2.67 GHz расчеты одного значения α_{36} ($n = 30$) занимали в среднем около 1,5 мин (немного отличаясь для разных потенциалов), а при дополнительном использовании графического процессора NVIDIA GeForce GTS 450 это время сокращалось до величины порядка одной секунды.

Выполненные для проверки, вычисления с помощью метода Симпсона показали те же результаты, но при значительно больших затратах машинного времени.

Расчеты по (1) третьего вириального коэффициента для твердых сфер при $n = 30$ показали отклонение 0,001162% от известного теоретического [13]. Разница значений третьего вириального коэффициента при $n = 25$ и $n = 30$, для всех других потенциалов не превышает сотых долей процента. Увеличение числа

узлов до 40 и 60 уменьшает отклонение на порядок.

Вычисление составляющих α_{34} и α_{35} четвертого вириального коэффициента с помощью (2) не отличается от расчетов третьего вириального коэффициента вычислительными затратами и дает практически такую же точность.

Что же касается интеграла α_{36} в (3), то большое число этапов интегрирования приводит не только к большому вычислительным затратам, но и к значительному снижению точности. Однако, несмотря на малую (относительно абсолютных значений α_{34} и α_{35}) величину α_{36} , пренебрегать его вкладом в четвертый вириальный коэффициент нельзя (из-за отличия знаков α_{34} и α_{35}).

С другой стороны, вычисление α_{36} для $n = 25$ и $n = 30$ в случае потенциала Леннард-Джонса приводит к максимальной разнице всего в 1,425% (в случае потенциала Морзе – 2,326%). Отклонение четвертого вириального коэффициента для твердых сфер от известного теоретического [13] при $n = 30$ составляет 0,009093%.

Кроме того, были проведены сравнения результатов расчета α_{36} и B_4 с данными, полученными в [3] и [5] (к сожалению, очень ограниченными), которые, с одной стороны, продемонстрировали достаточно хорошее совпадение, а с другой – показали существование особенностей в поведении α_{36} (существование высокого максимума в области $\tau = 0,47$), не отраженных в известных источниках.

Расчеты для потенциала Сазерленда показывают стремление B_3 и B_4 при больших температурах к соответствующим значениям для твердых сфер, что также указывает на адекватность выбранной методики интегрирования.

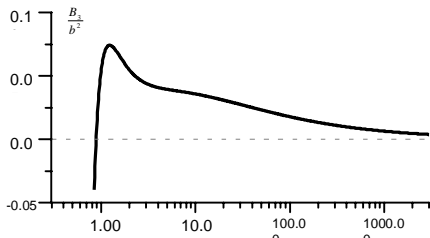


Рис.2. Зависимость B_3 потенциала Леннарда-Джонса от температуры
 Fig.2. Dependence of B_3 of the Lennard-Jones potential on the temperature

На рис. 2, 3 приводятся зависимости третьего вириального коэффициента от температуры (параметра τ) для потенциалов Леннарда-Джонса и Морзе, полученные при $n = 30$.

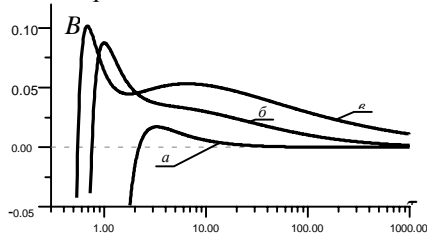


Рис.3. Зависимость B_3 потенциала Морзе от температуры для разных значений параметра αD : $a - 3.0$; $b - 6.0$; $c - 9.0$

Fig.3. Dependence of B_3 of the Morse potential on the temperature for different values of the parameter αD : $a - 3.0$; $b - 6.0$; $c - 9.0$

Аналогичные зависимости (при $n = 30$) для четвертого вириального коэффициента показаны на рис. 4 и 5.

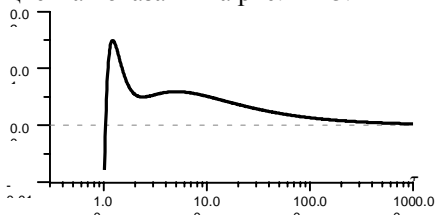


Рис.4. Зависимость B_4 потенциала Леннарда-Джонса от температуры
 Fig.4. Dependence of B_4 of the Lennard-Jones potential B_4 on the temperature

Рис. 3 и 5 показывают принципиально значительное влияние параметра α потенциала Морзе на зависимости от температуры, как третьего, так и чет-

вертого вириальных коэффициентов, что расширяет область применения этого потенциала для описания различных межчастичных взаимодействий.

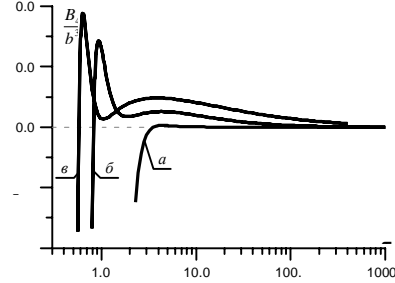


Рис.5. Зависимость B_4 потенциала Морзе от температуры для разных значений параметра αD : $a - 3.0$; $b - 6.0$; $c - 9.0$

Fig.5. Dependence of B_4 of the Morse potential on the temperature for different values of the parameter αD : $a - 3.0$; $b - 6.0$; $c - 9.0$

Используя значения B_3 и B_4 при различных температурах, на базе вириального уравнения для безразмерного давления $p = P/P_0$ и объема $v = V/V_0$:

$$p = \frac{\tau}{v} \left(1 + \frac{B_2}{b} \frac{1}{v} + \frac{B_3}{b^2} \frac{1}{v^2} + \frac{B_4}{b^3} \frac{1}{v^3} + \dots \right),$$

где $P_0 = \epsilon_0/b$, $V_0 = Nb$, были получены соответствующие изотермы неидеального газа для потенциала Леннарда-Джонса (рис. 6).

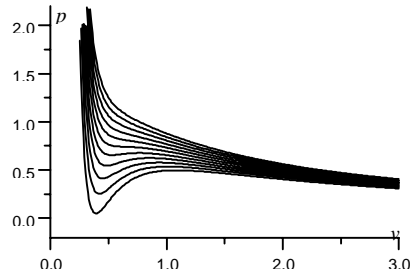


Рис.6. Изотермы вириального уравнения со вторым, третьим и четвертым коэффициентами (потенциал Леннарда-Джонса) для $\tau = 1.18 \div 1.43$ ($\Delta\tau = 0.025$)

Fig.6. Isotherms of the virial equation of state with the second, third and fourth coefficients (Lennard-Jones potential) for: $\tau = 1.18 \div 1.43$ ($\Delta\tau = 0.025$)

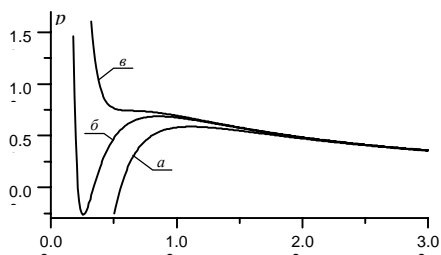


Рис. 7. Изотермы вириального уравнения ($\tau = 1.305$) для потенциала Леннарда-Джонса со вторым (*a*), вторым и третьим (*b*), вторым, третьим и четвертым (*c*) коэффициентами

Fig. 7. Isotherms of the virial equation of state ($\tau = 1.305$) for the Lennard-Jones potential with the second (*a*), second and third (*b*), second, third and fourth (*c*) coefficients

На рис. 7 показаны изотермы вириального уравнения со вторым (*a*), вторым и третьим (*b*), вторым, третьим и четвертым (*c*) коэффициентами. Из рисунка видно, что учет третьего и четвертого вириальных коэффициентов принципиально изменяет ход изотерм (на изотермах уравнения со вторым коэффициентом отсутствуют точки перегиба). Кроме того, наличие в уравнении четвертого вириального коэффициента заметно уменьшает критические значения температуры и давления, увеличивает критический объем и расширяет температурные границы области метастабильности (по сравнению с соответствующим уравнением со вторым и третьим коэффициентами).

ВЫВОДЫ

Были получены выражения третьего и всех составляющих четвертого вириальных коэффициентов через интегральные функции, которые применимы для потенциалов парного взаимодействия различного вида (как гладких, так и кусочно-непрерывных). В будущем возможно использование подобных выражений для вычисления вириальных коэффициентов больших порядков.

Выбранная методика численного интегрирования полученных выражений

демонстрирует оптимальное сочетание точности и скорости вычислений, что доказывают расчеты, произведенные с использованием других методов и выражений.

Проведенные сравнения с имеющимися данными показывают достаточно хорошее совпадение результатов. Кроме того, в работе были получены значения третьего и четвертого вириальных коэффициентов в тех областях температур, сведения по которым отсутствуют в доступной для изучения литературе.

Проведенные исследования вириального уравнения демонстрируют значительный вклад, как третьего, так и четвертого вириальных коэффициентов, что указывает на невозможность пренебрегать ими при описании поведения неидеального газа.

Результаты работы могут использоваться в дальнейшем для уточнения уравнения состояния неидеальных газов, а так же для решения обратной задачи – определения вида и параметров потенциала межмолекулярного взаимодействия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дж.Майер, М.Гепперт-Майер. 1980. Статистическая механика. М.: Мир 544.
2. Гиршфельдер Дж., Кертисс Ч. Берд Р. 1961. Молекулярная теория газов и жидкостей. М.: Издательство иностранной литературы, 931.
3. Rowlinson J. S. Limits 1963. of the fourth virial coefficient at low and high temperatures for a Lennard-Jones potential. Molecular Physics, vol. 6, Issue 4, 429-439
4. Katsura Shigetoshi 1959. Fourth Virial Coefficient for the Square Well Potential. Phys. Rev, 115, 1417-1426
5. Barker J. A., Monaghan J. J. 1962. Fourth Virial Coefficients for the 12-6 Potential. J. Chem. Phys. 36, 2558-2564.
6. Barker J. A., Leonard P.J., Pompe A. 1966. Fifth Virial Coefficients. J. Chem. Phys. 44, 4206-4211.

7. Вовченко А.И., Муленко И.А., Соловей В.Б. 1998. Расчет термодинамических величин плотных газов и слабо ионизованной плазмы с учетом трехчастичных взаимодействий. ЖТФ, Т.68, №7, 130-132.
8. Saija F. 2011. The fourth virial coefficient of a nonadditive hard-disc mixture. Phys. Chem. Chem. Phys, 13, 11885-11891.
9. Francis H. Ree, William G. Hoover. 1964. Fifth and Sixth Virial Coefficients for Hard Spheres and Hard Disks. J. Chem. Phys. Vol. 40, №4, 939-950.
10. Kenneth M. Benjamin, Andrew J. Schultz, David A. Kofke. 2009 Fourth and Fifth Virial Coefficients of Polarizable Water. J. Phys. Chem. B, 113 (22), 7810-7815.
11. Julio G. Briano, Eduardo D. Glandt. 1980. Fifth virial coefficient for the lennard-jones fluid in two dimensions. J. Chem. Soc., Faraday Trans. 2, 76, 812-821.
12. Baxter R.J. 1968. Percus-Yevick Equation for Hard Spheres with Surface Adhesion. J. Chem. Phys., 49, 2770-2774.
13. Baxter R.J. 1980. Hard hexagons: exact solution. J. Phys. A : Math. Gen, 13, L61-L70.
14. G.S. Joyce, 1988. On the hard hexagon model and the theory of modular functions, Phil. Trans. Roy. Soc. Lond. A325. 643-702.
15. E. Lieb, 1963. New method in the theory of imperfect gases and liquids, J. math. Phys. 4. 671-678.
16. Walas S. M. 1985. Phase equilibrium in Chemical Engineering. Stoneham, MA: Butterworth, 671.
17. А.М.Кривцов, Н.В.Кривцова. 2002. Метод частиц и его использование в механике деформируемого твердого тела. Дальневосточный математический журнал ДВО РАН, Т.3, №2, 254-276
18. Крылов В.И. 1967. Приближенное значения ϵ интегралов. М.: Наука, 500.
19. Pathria R.K. 1996. Statistical mechanics. Butterworth-Heinemann., 529.
20. Вячеслав Шебанин 2010. Полиномиальный стохастический алгоритм распознавания на базе аппарата канонических

разложений / Вячеслав Шебанин, Игорь Атаманюк // Motrol, motorization and power industry in agriculture, – Volume 12 A, 78 – 83.

CLUSTER EXPANSION OF THE CONFIGURATIONAL PARTITION FUNCTION OF A NON-IDEAL GAS FOR HIGH PRESSURE STATES

Abstract. Technique of calculation of the third and fourth virial coefficients of non-ideal gas has been represented which is applicable for different types of interaction potential function. The values of the coefficients for the Lennard-Jones (12-6) potential and the Morse potential have been computed in wide range of temperatures.

Key words: configuration integral, interaction potential, virial coefficient, irreducible integral, virial equation of state.

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА РАСТИТЕЛЬНОГО МАСЛА

Елена Горбенко, Владимир Стрельцов, Наталья Горбенко

Николаевский государственный аграрный университет
54028, Украина, Николаевская обл., г. Николаев, ул. Крылова 17А

Аннотация. Предлагается, вместо шнекового прессования, применять инновационную технологию, использующей гравитационные силы для существенного снижения затрат при изготовлении растительного масла из маслосодержащих семян. Рассматриваются два варианта решения данной проблемы: с использованием существующего оборудования и без него. При этом предусматривается почти полная автоматизация управления процессом прессования, т.е. минимум влияния на него человеческого фактора.

Ключевые слова: маслоотжимающие пресса, инновационная технология, гравитационный напор, транзитная емкость, базовая емкость, герметизация, мультипликатор, зерновая камера, регулятор давления.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Используемые в настоящее время технологические процессы производства растительного масла из маслосодержащих семян способом прессования и методом прямой экстракции имеют существенный недостаток – они высокочрезвычайно, особенно метод экстракции. Однако, способ прессования в экономическом отношении имеет реальную возможность существенно уменьшить эти затраты, используя принципиально новые технологии и конструктивные решения для получения необходимых давлений прессования маслосодержащих семян силами гравитации.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Известно, что промышленность развитых стран, в том числе США, Россия, Китай, Япония, Индия и др., выпускает множество вариантов маслоотжимаемых прессов однотипных по принципу действия и выполнению рабочего процесса, а также по их геометрическим, кинематическим и энергетическим показателям (которые определяются только физико-механическими свойствами маслосодержащих семян)

созданы свои типы маслоотделяющих прессов.

Так, например, в Российской Федерации созданы и работают по производству масла прессованием целый ряд шнековых прессов типа: РЗ-МОА-10; ПШМ-250;МП-10 и др. маслоотжимающие прессы входят даже в состав маслоотжимающих агрегатов, таких как РЗ-МОА-10 и быть самостоятельными единицами ПШМ-250 [1 - 11].

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Освоение инновационной технологии, базирующейся на использовании сил гравитации, на всех методах и способах прессования маслосодержащих семян даст резкое снижение затрат при его применении и повысит в целом конкурентоспособность существующего (выпускаемого) оборудования для производства растительного масла. Теоретическим же обоснованием использования сил гравитации в виде веса столба воды для создания необходимого давления для выполнения процесса масловыделения из семян в зерновой камере являются теоретические достижения в последнем десятилетии в других областях науки и техники. Сюда относятся теоретические условия объясняющие: явление гидравлическо-

го удара при движении воды в трубе; случай цилиндрического изгиба сечения элементарной толщины $\Delta\delta$ входящего столба воды в трубу под давлением ΔP процесса калибровки по матрице, как элементов единичной высоты бесконечно длинной трубы и также теоретические условия одновременного влияния на турбулентное движение воды в трубопроводе гравитационных сил и так называемых солитонов [12 - 20].

При этом значительный интерес представляет рассмотрение двух вариантов решения данной технико-экономической проблемы с помощью указанной технологии.

Первый вариант - не изменяя существующей технологий производства растительных масел из маслосодержащих семян на действующих шнековых прессах, подключают (подсоединяют) их к источнику дешевой, экологически чистой электроэнергии, получаемой от автономной типовой гравитационной энергетической установки (ТГЭУ), в которой используют инновационную гравитационную технологию водоподъема (ИТГВ) [14, 15, 16, 18, 19] в виде способа многократного увеличения гравитационного напора (СМУГН). Именно применение этого способа позволяет на ТГЭУ получать указанную электроэнергию, обеспечивая этим снижение общих затрат на производство масла в данном варианте на величину стоимости потребляемой прессом этой электроэнергии.

При использовании СМУГН на ТГЭУ все технологические операции выполняют в такой последовательности: вначале через кран $K_{тр}$ заполняют водой транзитную емкость $1т$ и герметизируют ее с помощью клапана В. Одновременно с этим базовую емкость (например O_1) также герметизируют и заполняют водой через кран $K_{н1}$, создавая при этом в ней давление сжатого атмосферного воздуха в виде располагаемого пьезометрического, [18] напора $H_{расп} = \gamma h$ (где γ - удельный вес воды, а h - высота столба воды в источнике

питания - ИП), как гравитационную силу. Далее, через кран K_{O1} сжатый воздух с базовой емкости O_1 направляют в магистраль М и через клапан K_{O1} в транзитную емкость $1т$, с которой воду вытесняют этим сжатым воздухом по трубопроводу Т в транзитную емкость $2т$ и заполняют ее после чего выполняют повторение цикла вытеснения воды для транзитной емкости $2т$, то есть, после ее заполнения водой она также герметизируется с помощью клапана В. Естественно, что процесс заполнения водой и вытеснения ее с последующих по порядку транзитных емкостей осуществляется аналогично и во всех случаях использования СМУГН последовательность операций включения и выключения выполняют автоматически согласно причинно - следственной связи между ними и эта последовательность всех действий на ТГЭУ полностью сохраняется, включая последнюю транзитную емкость $nт$, которая наполняет водой непосредственно рабочий накопитель РН.

Из РН воду, имеющей максимальную потенциальную энергию (т.е., гравитационную) в виде максимального реального пьезометрического напора ($H_{расп.макс}$) установки, направляют, согласно конкретной компоновки ТГЭУ, через трубопровод 2 до турбины 3 для преобразования гравитационной силы равной $H_{расп.макс}$ в виде веса общего столба воды установки, в кинетическую энергию для работы электрогенератора 4 пресса. Энергию от электрогенератора направляют в блок автоматической нагрузки 5, откуда через блок автоматического регулирования 6 и вывод 7 ее выводят до потребителя, т.е. непосредственно до шнекового пресса, выполняющего прессование маслосодержащих семян и производство растительного масла с затратами уменьшенными на величину стоимости расхода электроэнергии при работе без использования инновационной технологии, т.е. без ТГЭУ.

Во втором же варианте решение проблемы кардинального сокращения

затрат по производству растительного масла предусматривает не только почти полного прекращения потребления электроэнергии в процессе производства, но и за счет новых конструктивных решений по созданию принципиально новой технологии, получения необходимого давления для выдавливания масла из маслосодержащих семян с помощью той же гравитационной силы в виде общего веса столба воды, поступающего из РН ТГЭУ. Здесь вместо силового электропривода и системы шнековой передачи используют обычный мультипликатор [19], как усилитель создаваемого в ТГЭУ гравитационного давления, которое движением поршня мультипликатора еще более увеличивают и воздействуют им непосредственно на прессуемую массу маслосодержащих семян в зерновой камере.

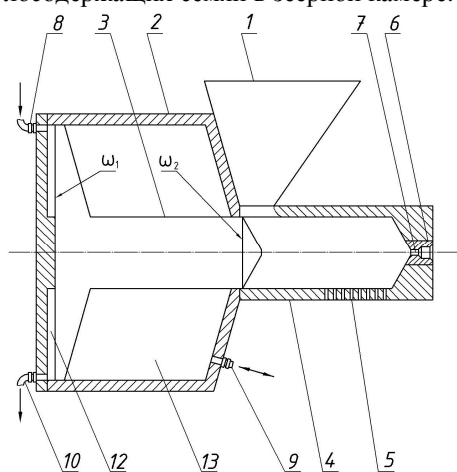


Рис. 1. Конструктивное решение повышения гравитационного давления мультипликатором для прессования семян:

Fig. 1. Structural decision of increase of gravity pressure a cartoonist for pressing of seed:

1 – бункер; 2 – корпус мультипликатора; 3 – поршень мультипликатора; 4 – зерновая камера; 5 – регулятор давления; 6 – торцевая втулка; 7 – калиброванное отверстие; 8 – кран-автомат для слива воды; 9 – кран-клапан для впуска воды; 10 – кран-клапан для впуска сжатого воздуха; 11 – кран-автомат для слива воды; 12 – задняя камера; 13 – передняя камера манипулятора.

При этом, в состав указанных выше конструктивных решений (рис. 1) входит: мультипликатор для необходимого усиления создаваемого в ТГЭУ гравитационного давления; приемно-подготовительная камера для маслосодержащих семян; зерновая камера для выдавливания масла из семян; регулятор давления; регулирующий зазор; кран – автомат и клапан – автомат для заполнения емкости мультипликатора водой, поступающей в нее через водовод из РН, и выполняющих ее герметизацию, разгерметизацию и освобождение от воды.

Приведенные конструктивные решения позволяют надежно выполнять все технологические операции по производству растительного масла прессованием по инновационной технологии, с использованием гравитационной силы, в такой последовательности. После установки требуемых значений для прессования конкретных маслосодержащих семян величины калиброванного отверстия 7, загружают семена в приемный бункер 1, зерновую камеру 4 и через кран-автомат 8 впускают в заднюю полость мультипликатора 12 воду (которая обладает гравитационной силой в виде веса столба воды, поступающей по водоводу из РН) и перемещают в целом поршень 3 в корпусе мультипликатора до момента окончания расчетного времени всего процесса выдавливания масла из семян. Затем автоматически прекращают подачу воды через кран-автомат 8 в заднюю полость мультипликатора и, разгерметизировав ее, открывают кран 10 для слива воды, при этом, одновременно, через кран 9 в переднюю полость мультипликатора впускают (рис. 1) сжатый воздух из магистрали М, обеспечивая этим перемещение поршня в исходное положение, из которого, начиная с операции дозированной загрузки конкретной культуры семян в приемную камеру каждую последующую операцию выполняют автоматически согласно с причинно-наследственными связями между ними в строгом соот-

ветствии последовательности их выполнении по времени. При этом предусматривают для каждой культуры семян свою оптимальную величину давления составляемого поршнем в зерновой камере в процессе выдавливания из них масла, исходя из соотношения $P_2 = P_1 w_1 / w_2$, где $P_1 = P_{\text{расп.}}$, получаемого от общего пьезометрического напора $H_{\text{расп. макс.}}$ ТГЭУ в виде веса общего столба воды исходящей из РН, т.е. общей гравитационной силы; w_1 и w_2 – большая и малая поверхность торцов поршня мультипликатора; P_2 – давление, для семян конкретной культуры которое создают малой поверхностью поршня и которое обеспечивает зерновой камере необходимое сжатие указанных семян.

Это давление регулируют автоматически подачи дозированных конкретных объемов воды через краны 8 и сжатого воздуха через кран 9.

После этого процесс производства масла повторяется, начиная от операции загрузки очередной партии семян в приемную камеру.

Изложенное показывает, что рассмотренные оба варианта применения инновационной технологии, использующей гравитационные силы для получения масленичных культур растений подсолнечника, рапса, хлопчатника, льна, конопли, сои и т.д. уникальным способом первого холодного отжима, т.е. без применения химических процессов позволяют сохранить в конечном продукте жизненно важные витамины и резко сократить общие затраты на производство продукции за счет использования ТГЭУ с применением ИТГВ, позволяющих практически исключить затраты на потребление электроэнергии для процесса производства растительных масел. Еще более это проявляется при рассмотрении другого варианта решением проблемы сокращения затрат, где эти затраты дополнительно уменьшаются на величину полной стоимости электропривода и установки всей системы шнековой передачи, которые не нужны при применении

инновационной технологии, использующей гравитационные силы.

ВЫВОДЫ

Рассмотренная технология производства растительного масла методом прессования маслосодержащих семян является по сути не только инновационной технологией, но и оригинальной по своему конструктивному и эксплуатационному признаку. Оба эти признака позволяют, сокращать до минимума затраты на выполнение процесса производства масла, предусматривают полную автоматизацию последовательности выполнения всех операций его производства, почти устраняя в нем участие человеческого фактора и, естественно, увеличивают (повышают) резко конкурентоспособность не только самой инновационной технологии, использующей гравитационные силы, но и всего изготавливаемого оборудования предназначенного для ее освоения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Щербаков В.Г., 1992, Технология получения растительных масел / В.Г. Щербаков – [3-е изд., перераб. и доп.] – М.: Колос. – 207.
2. Кошевой Е.П., 1991, Оборудование для производства растительных масел / Е.П. Кошевой — М.: Агропромиздат – 208.
3. В.М. Копейковский, 1982, Технология производства растительных масел / В.М. Копейковский, С.И. Данильчук, Г.Н. Гарбузова и др. / Под ред. В.М. Копейковского. – М.: Легкая и пищевая промышленность – 415.
4. Калошин Ю.А., 2002, Технология и оборудование масложировых предприятий / Ю.А. Калошин – М.: Издательский центр «Академия». – 363.
5. Масликов В.А., 1974, Технологическое оборудование производства растительных масел / Масликов В.А. – М.: Пищевая промышленность. – 439.

6. Чубинидзе Б.Н., 1985, Оборудование предприятий масложировой промышленности / Б.Н. Чубинидзе, В.Х. Паронян, А.В. Луговой и др. – М.: Агропромиздат. – 304.
7. Дацишин О.В., 2008, Технологічне обладнання зернопереробних та олійних виробництв: навчальний посібник / [Дацишин О.В., Ткачук А.І., Гвоздев О.В. та ін.]; за ред. О.В. Дацишина. – Вінниця: Нова книга. – 488.
8. А.Я. Соколов, 1973, Прессы пищевых и кормовых производств / [А.Я. Соколов, М.Н. Караваев, Д.М. Руб, Ц.Р. Зайчик] под ред. А.Я. Соколова. – М.: Машиностроение – 378.
9. Лысянский В.М., 1987, Экстрагирование в пищевой промышленности / В.М. Лысянский, С.М. Гребенюк – М.: Агропромиздат. – 188.
10. Прспекти компаній: «Алиментармаш» (<http://almash.md/ru/company>); ЗАТ РНПП «Укрэкспо-Процесс» (<http://ukrekspo.com.ua>); CIMBRIA SKET (<http://www.cimbria-sket.de/russian/home.htm>).
11. Дідур В.А., 2005, Савченко О.Д., Пастушенко С.І., Мовчан С.І. Гідравліка, сільськогосподарське водопостачання та гідропневмопривод – Запоріжжя, Прем'єр, 464.
12. Исаев А.П., 1990, Сергеев Б.Н., Дидур В.А. Гидравлика и гидромеханизация сельскохозяйственных процессов. – М., Агропромиздат, 420.
13. Шкатов О.С., Пастушенко С.І., Горбенко О.А., Огієнко М.М., Горбенко Н.А. Спосіб багаторазового збільшення гравітаційного напору. Заявка № 200800994, від 28.01.2008 р. на винахід у Державне підприємство «Український інститут промислової власності», Київ, вул. Глазунова 1.
14. Пастушенко С.И., 2006, Шкатов А.С., Горбенко Е.А., Огиенко Н.Н. Исследование процесса повышения гравитационного напора в водоподъемнике. Науковий вісник Національного аграрного університету. Вин. 95, част. 1, К., 213-219.
15. Шкатов А.С., 2009, Горбенко Е.А., Жлобич, Стрельцов В.В. В.Ф.Инновационная технология гравитационного водоподъема (ТГВ) с системой управления. Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. Спец. Випуск №2. Матеріали Міжнародної наукової конференції присвяченої 109-річчю з дня народження П.М. Василенка. Дніпропетровськ –59-63.
16. Шкатов А.С., 2008, Горбенко Е.А., Стрельцов В.В., Чебан А.Я. Использование энергии гравитации для производства подсолнечного масла. Сборник материалов Международной научно-практической интернет-конференции «Инновационные технологии механизации, автоматизации и технического обслуживания в АПК», Орел. – 76-79.
17. Шкатов А.С., 2007, Шкатов А.С., Пастушенко С.И., Горбенко Е.А., Огиенко Н.Н. Гравитационный напор жидкости – альтернатива традиционным источникам энергии. MOTPOL, MOTORYZACIA I ENERGETIKA ROLNICTWA/MOTORIZATION AND POWER INDUSTRI IN AGRICULTURE, TOM 9A, LUBLIN.
18. Чугаев Р.Р., 1982, Гидравлика. Энергия, 460.
19. Шкатов А.С., 2010, Горбенко Е.А. Использование сил гравитации для повышения обеспеченности систем водоснабжения. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК / Редкол.: Д.О. Мельничук (відп. ред.) та ін. – К. – Вип. 144, ч.5. – 284-294.
20. Горбенко О.А., 2010, Дослідження вітчизняних та зарубіжних технологій і обладнання для вилучення олії / Горбенко О.А., Стрельцов В.В. - MOTPOL, MOTORYZACIA I ENERGETIKA ROLNICTWA/MOTORIZATION AND POWER INDUSTRI IN AGRICULTURE, TOM 12A, LUBLIN – 49.

INNOVATIVE TECHNOLOGY OF PRODUCTION OF VEGETABLE OIL

Abstract. Offered, instead of the screw pressing, to apply innovative technology, using gravity forces for the substantial decline of expenses at making of vegetable butter from seed. Two variants of decision of this problem are examined: with the use of existent equipment and without him. Almost complete automation of pressing process control is thus foreseen, i.e. a minimum of influence on him human factor.

Key words: press, innovative technology, gravity pressure, transit capacity, base capacity, pressurizing, cartoonist, chamber, unloader.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ КОМПЛЕКСА МАШИН ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СЕМЯН ДЫНИ И ОГУРЦА

Николай Огиенко, Алёна Огиенко

Николаевский государственный аграрный университет
54028, Украина, Николаевская обл., г. Николаев, ул. Крылова 17А
Николаевский национальный университет им. В.О. Сухомлинского
54030, г. Николаев, ул. Никольская, 24

Аннотация: Сформулированы основные проблематики современного состояния механизации выделения семян овоще-бахчевых культур. Приведены основные результаты определения экономической эффективности внедрения комплекса машин по дополнительному выделению семян и доработке технологической семенной массы дыни и огурца.

Ключевые слова: Комплекс машин, доработка семенной массы, экономический эффект, срок окупаемости.

ВВЕДЕНИЕ

В процессе создания новой или совершенствовании существующей техники инженеру-машиностроителю приходится решать различные задачи, связанные с обеспечением назначения машины, ее производительностью, применением стандартных узлов и деталей, выбором материалов, технологичностью, улучшением условий труда и др.. В поисках лучших, наиболее эффективных решений автор при создании новой техники сталкивается с необходимостью выбора одного из нескольких возможных вариантов, имеющих различные технические показатели, но одним из главных критериев оценки качества разработанного технического средства, является его экономическая эффективность.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Исследование экономической эффективности внедрения комплекса машин для доработки технологической массы оводе-бахчевых культур.

АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

В ходе научно-практической работы над развитием перспективных технологий получения семян овоще-бахчевых культур и разработкой необходимого оборудования для их внедрения в сельскохозяйственных предприятиях Украины, была создана технологическая линия по выделению семян и доработки технологической семенной массы овоще-бахчевых культур.

Одним из наиболее весомых конструктивных элементов данной линии является комплекс машин для дополнительного получения остатков семян овоще-бахчевых культур, которые ранее удалялись в отходы. Основные конструктивные и технологические параметры элементов линии были испытаны в лабораторных условиях на базе факультета механизации Николаевского ДАУ и прошли проверку в условиях консервного завода фермерского хозяйства «Владам» Октябрьского района Николаевской области [1,2]. Результаты испытаний позволяют утверждать о существенном улучшении показателей качества переработки материала, с целью получения семян, а

также позволят определить экономический эффект получен благодаря увеличению количества выделенного семян при включении этих элементов в составе технологической цепочки.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

После осуществления детального анализа технологических схем получения семян различных овоще-бахчевых культур, изучение недостатков в работе комплексов машин и оборудования можно утверждать, что доработка технологической массы дыни и огурца с целью минимизации потерь семян, утилизируется вместе с коркой, мезгой и соком в отходы, почти не используется, в то время как в отдельных случаях его потери составляют более 18% [3]. Для сегмента оборудования которое предназначено для обеспечения технологического процесса получения семян в фермерских хозяйствах Украины, отсутствуют машины, которые бы позволили осуществить доработку семенного вороха и благодаря этому существенно снизить потери кондиционных семян, а значит повысить экономическую эффективность всей технологии его получения, существенно уменьшая затраты человеческого труда.

Экономический эффект от внедрения комплекса машин для доработки технологической семенной массы дыни и огурца состоит из экономии производственных затрат (человеческого труда, материалов, капитальных вложений и т.д.), что получает производитель в результате выделению остатков семян из отходов технологической массы после ее переработки [4, 5, 6, 7].

Определение экономического эффекта основано на сопоставлении приведенных затрат (эксплуатационных удержаний, капитальных вложений) по базовому и новому комплексу машин. В качестве базового варианта был принят машину для выделения семян овоще-бахчевых культур ОСБ -

0,6 [4] как имеющую лучшие показатели по выделению семян указанных культур из числа существующих. Для сравнения нового оборудования с базовым использовалась методика экономической оценки техники на этапе испытания [7]. После расчета основных экономических показателей по линии (годового экономического эффекта, срока окупаемости, снижения затрат ручного труда и эксплуатационных удержаний), определялся уровень значимости для использования в ее составе новых машин для выделению семян дыни и огурца.

Значение производительности базового оборудования за час основного времени принималось по данным приемочных испытаний МНДИЗЗиО НПО "Днестр" и Южно-Украинской государственной зональной машинно-испытательной станции. В связи с малой величиной наработки нового комплекса машин в расчете использовался только показатель производительности за час основного времени.

Производительность за час сменного и эксплуатационного времени определялась расчетным путем по таким формулам:

$$Q_{зм} = Q_o \cdot K_{зм}; \quad (1)$$

$$Q_e = Q_o \cdot K_{зм} \cdot K_e, \quad (2)$$

где: Q_o - производительность за 1 час основного времени, т / ч;

$K_{зм}$ - коэффициент использования рабочего времени смены;

K_e - коэффициент готовности.

Величины и принимались по данным агротехнических требований на модернизацию [5].

Для определения проекта оптовой цены комплекса машин использовалась зависимость

$$C_{о.н.} = K_c \cdot C_{о.б.} \cdot \frac{m_n}{m_b}, \quad (3)$$

где: $C_{о.н.}$, $C_{о.б.}$ - оптовая цена соответственно нового и базового вариантов технологического оборудования

линии, грн.; m_n, m_b – масса соответственно нового и базового вариантов линии; K_c – нормативный коэффициент, учитывающий сложность конструкции и

зависит от количества технологических составляющих линии [5].

Таблица 1 Исходные данные для расчета экономической эффективности
Table 1: Initial data for calculation of economic efficiency

Наименование показателей	Позн.	базовый		новый	
		дыня	огурец	дыня	огурец
Производительность за 1 час основного времени, кг.	Q_o	18		15	
Производительность за 1 час сменного времени, кг.	$Q_{зм}$	16,5		13,75	
Производительность за 1 час эксплуатационного времени, кг.	Q_e	15		13	
Цена на 01.02.2011 г.: 1 кг сухих семян, [7] 1 кВт электроэнергии, грн 1 м ³ воды, грн	$C_{нас.}$	650	250	650	250
	$C_{ел}$	0,756			
	$C_{вода}$	7,62			
Потери семян, %	v	18		4,5	
Количество обслуживающего персонала, чел	n	2		1	
Зональная сезонная загрузка машины, год.	T_3	670			
Расчетный наработка семена, т.	$W_{роз}$	1			
Время работы линии, ч / т	t	67		77	
Расход воды, м ³ / т	v	35		19	
Расход электроэнергии, кВт / т	j	168		40	
Оптовая цена, грн.	$C_{о.}$	18700		4675	
Балансовая цена, грн.	$C_{б.}$	21500		5375	

Балансовая цена линии для выделения семян дыни и огурца в новом и базовом вариантах, определялась как:

$$C_{н.б.} = K_b \cdot C_{о.н.}, \quad (4)$$

где: K_b – коэффициент перевода оптовой цены в балансовую, учитывающий дополнительные затраты на транспортировку, монтаж и наладка. После определения вышеперечисленных показателей для серийной и экспериментальной линии, были получены исходные данные для расчета экономической эффективности [7], которые приведены в табл. 1.

Годовой экономический эффект от эксплуатации новой машины с учетом количества и качества (Ер) в гривнах определяли по формуле:

$$E_p = (P_b - P_n) \cdot V_3 E_A, \quad (5)$$

где: P_b, P_n – совокупные затраты на единицу наработки соответственно по базовой и новой машинах, грн / шт. наработки;

V_3 – годовой объем наработки новой машиной в условиях определенной природно-климатической зоны, ед. наработки;

E_A – годовой экономический эффект, полученный за счет изменения количества и качества грн.

Зональный годовой объем наработки (V_3) в единицах наработки в свою очередь определяли по формуле:

$$V_3 = Q_e \cdot T_3, \quad (6)$$

где: Q_e – производительность машины за 1 час эксплуатационного времени, ед. наработки / ч, ($Q_e n = 13$ кг семян, $Q_e б = 15$ кг семян);

T_3 – зональное годовая загрузка машины, час. ($T_3 = 670$ год), [9]:

$$V_{3н} = Q_{ен} \cdot T_3 = 13 \cdot 670 = 8710 \text{ кг},$$

$$V_{3б} = Q_{еб} \cdot T_3 = 15 \cdot 670 = 10\,050 \text{ кг}.$$

Годовой экономический эффект, полученный за счет изменения количества и качества (Ея) в гривнах определяли по формуле:

$$Eя = Cян - Cяб, \quad (7)$$

где: Cян, Cяб - стоимость продукции, полученной при применении соответственно новой и базовой машины в течение года, грн.

Стоимость продукции, полученной при применении новой или базовой машины (Cя) в гривнах, определяется по формуле:

$$Эрд = (Пб - Пн) \cdot V_3 \cdot EЯд = (1141,7 - 593) \cdot 8,318 \cdot 50082,5 = 54646,6 \text{ грн},$$

$$Ерог = (Пб - Пн) \cdot V_3 \cdot EЯог = (1141,7 - 593) \cdot 8,318 \cdot 19262,5 = 23784,3 \text{ грн},$$

где: Эрд, Ерог - годовой экономический эффект от эксплуатации новой машины соответственно при производстве семян дыни и огурца, П, С - прямые эксплуатационные расходы базового и нового оборудования соответственно V₃ - зональный годовой

$$Cя = \sum_{j=1}^n C_j \cdot V_j, \quad (8)$$

где: C_j - закупочная цена единицы j-й продукции, грн;

V_j - количество j-й продукции, полученной при применении новой или базовой машины, кг.

$$V = B_3 - \frac{B_3 \cdot в}{100}, \quad (9)$$

здесь в - потери семян,%. V_б = 10050 - 1809 = 8241 кг = 8,241 т.,

V_н = 8710 - 391,95 = 8318,05 кг = 8,138 т. (8318,05 - 8241) · 650 = 50082,5 грн., (8318,05 - 8241) · 250 = 19262,5 грн.

- Годовой экономический эффект, полученный за счет изменения количества и качества соответственно для семян ловека и огурца.

Прямые эксплуатационные расходы (П) в гривнах на единицу наработки определяли по формуле:

$$П = 3 \Gamma P A \Phi, \quad (10)$$

где 3 - затраты на оплату труда обслуживающего персонала, грн / шт. наработки; Γ - затраты на горюче-смазочные материалы и электроэнергию, грн / шт. наработки; P - расходы на техническое обслуживание, текущий и капитальный ремонт, грн / шт. наработки; A - затраты на амортизацию, грн / шт. наработки; Φ - затраты на вспомогательные материалы, грн / шт. наработки.

Все последующие расчеты проводились с учетом расчетного наработки, поэтому количественные величины полученных семян принимаем в тонах. Результаты расчетов эксплуатационных удержаний приведены в табл. 2.

Таблица 2. Эксплуатационные содержания при получении семян дыни и огурца, грн / т
Table 2. Operational content in obtaining seeds of melon and cucumber, UAH / t

Наименование показателей	Позн.	Базовый	Новый
Амортизационные отчисления	А	53	13,5
Техническое обслуживание, текущий и капитальный ремонт	Р	42	9
Оплата труда обслуживающего персонала	З	672	400
Затраты на электроэнергию	Г	108	25,7
Вспомогательные материалы (затраты на воду)	Ф	266,7	144,8
Всего		1141,7	593

объем наработки принимаем равным V_n с учетом потерь семян.

После определения экономического эффекта рассчитывался срок окупаемости дополнительных инвестиционных вложений на новую машину (Токд) в годах, который определяют по формуле:

$$T_{ок} = \frac{K_n - K_б}{E}, \quad (11)$$

где: K_n , $K_б$ - суммарные инвестиционные вложения соответственно в новую и базовую машину соответствуют балансовой цене оборудования, грн.

$$T_{ок.о} = \frac{21500 - 5375}{54646,6} = 0,3 \text{ года},$$

$$T_{ок.оз} = \frac{21500 - 5375}{23784,3} = 0,7 \text{ года}.$$

Поскольку при механизации любого производственного процесса главной целью является снижение затрат человеческого труда, то прежде всего было определено годовую экономию затрат труда при эксплуатации новой машины (ЗПР) в человеко-часах:

$$З_{пр} = (З_{ПБ} - З_{ПН}) \cdot V_3 = (134 - 77) \cdot 8,318 = 474,1 \text{ чел. ч}, \quad (12)$$

где: $З_{ПБ}$, $З_{ПН}$ - затраты труда соответственно по базовой и новой машине на единицу наработки люд.-год/од. Наработки ($З_{ПБ} = t_б \cdot n_б = 67 \cdot 2 = 134$ чел-ч / т, $З_{ПН} = t_n \cdot n_n = 77 \cdot 1 = 77$ чел-ч / т).

Годовую экономию ресурсов при эксплуатации новой машины (ЗРР) в натуральных единицах определяли по формуле:

$$З_{рр} = (З_{рб} - З_{РН}) \cdot V_3 = (393,7 -$$

$$175) \cdot 8,318 = 1779,8 \text{ грн.} \quad (13)$$

где: $З_{рб}$, $З_{РН}$ - затраты ресурсов в соответствии базовой и новой машиной на единицу наработки, натуральных ед. / од.наработку ($З_{рб} = v_б \cdot Ц_{вд}$ ды $j_б \cdot \text{цел} = 266,7 \cdot 127 = 393,7$ грн, $З_{РН} = v_n \cdot Ц_{вд}$ ды $J_n \cdot \text{цел} = 144,76 + 30,24 = 175$ грн).

Степень изменения затрат при эксплуатации новой машины по сравнению с базовой (С) в процентах определялся по формуле:

$$C = \frac{З_{Гб} - З_{Гн}}{З_{Гб}} \cdot 100, \quad (14)$$

где: $З_{Гб}$, $З_{Гн}$ - годовые затраты (затраты труда, ресурсов, прямые эксплуатационные затраты, совокупные затраты) соответственно базовой и новой машинами, чел-ч (натуральных единиц, грн).

$$З_{Гб} = П_б \cdot V_б = 1141,7 \cdot 8,241 = 9408,75 \text{ грн.}, \quad З_{Гн} = П_n \cdot V_n = 593 \cdot 8,318 = 4932,57 \text{ грн.}$$

Результаты показателей экономической эффективности сведены в табл. 3

ВЫВОДЫ

Расчетный годовой экономический эффект от внедрения комплекса по дополнительному выделению семян и доработке технологической семенной массы дыни и огурца составляет соответственно 54646,6 грн. и 23784,3 грн. при сроке его окупаемости в 0,3 и 0,7 года соответственно. При этом годовое снижение затрат труда по сравнению с базовым составляет около 500 чел-ч, а их степень снижения почти 50%.

Таблица 3. Экономические показатели эффективности комплекса машин по выделению и доработке семян дыни и огурца

Table 3. Economic performance indicators set of machines on the isolation and doraботке melon seeds and cucumber

Наименование показателей	Обоз.	Величина	
		дыня	огурец
Годовая экономия затрат труда, чел. / Т семян	$З_{пр}$	474,1	
Годовая экономия ресурсов, грн. / Т. семян	$З_{рр}$	1779,8	
Степень изменения затрат,%	C	47,57	
Годовой экономический эффект от эксплуатации нового комплекса, грн.	E_p	54646,6	23784,3
Срок окупаемости комплекса, лет	$T_{ок}$	0,3	0,7

ЛИТЕРАТУРА

1. Впровадження результатів завершальних досліджень в умовах ФГ «Владам» Жовтневого району Миколаївської області : акт : затв. 15.10.2009.
2. Пастушенко С.І. 2010.. Польові випробування лінії для виділення і доробки насіння овоче-баштанних культур / С.І. Пастушенко, М. М. Огієнко // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету – Мелітополь : ТДАУ, – Вип. 10, Том 9. – 75–82.
3. Прохоров И. К. 1997. Селекция и семеноводство овощных культур / И. К. Прохоров. – М. : Колос, – 478.
4. Протокол № 34 - 142 - 87 К государственных периодических испытаний сепаратора семян бахчевых культур ОСБ-0,6 (РС.2.14) / Южно-Украинская государственная машиноиспытательная станция. Херсон,, - 74 .
5. Методика определения экономической эффективности новых и модернизированных машин, изобретений и рационализаторских предложений. : М. : ВИСХОМ, 1985. – 63
6. Гарькавий А. Д. 1998 Як перейти на виробництво конкурентоспроможної продукції на селі / А. Д. Гарькавий // Вісник інженерної академії України. – № 3–4. – 97–98.
7. Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробування : ДСТУ 4397:2005. – [Чинний від 2006-01-01]– К. : Держспоживстандарт, 2005. – 20
8. Портал "Аграрний сектор України" [Електронний ресурс] / НУБІП України. – К. – Режим доступу: <http://agroua.net/plant/catalog/cg-8/-40/info/cag-73/>
9. Анисимов И. Ф. 1981. Механизованная сушка семян овощебахчевых культур / И. Ф. Анисимов. – Кишинев : Тимпул., – 128
10. Овощеводство и бахчеводство : республик. межвед. темат. науч. сб. – К. : Урожай, 1991. – Вып. 36.
11. Овощеводство и плодородство / [Е. И. Глебова, А. И. Воронина, Н. И. Калашникова и др 1978.]. – Л. : Колос, Ленингр. отдел., – 448 , ил.
12. Огієнко М. М. 2008. Особливості отримання та доробки насіння овоче-баштанних культур з використанням гідропневмосепаратора // Вісник аграрної науки Причорномор'я / М. М. Огієнко. – Миколаїв : МДАУ, – Вип. 1 (42). – 206–212.
13. Огурцы в открытом грунте [Електронний ресурс] // Настоящий хозяин. – 2010. – № 5. – Режим доступу : <http://idrusogorod.ru/articles/detail639.html>
14. Опытное дело в полеводстве / под ред. Г. Ф. Никитенко. – М.1982: Россельхозиздат, – 190.
15. Машины для механизации трудоемких процессов в овощеводстве и семеноводстве овощных культур : каталог / Николаевский филиал ГСКБ по машинам для овощеводства. – Николаев : Облполиграфиздат, 1990. – 35 ил.
16. Медведев В. П. Механизация производства семян овощных и бахчевых культур / В. П. Медведев, А. В. Дураков. 1985 – М. : Агропромиздат., –320
17. Мельников С. В. 1980. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С. В. Мельников, В. Р. Алешкин, П. М. Рошин. – Л. : Колос, – 212 .
18. Методика определения экономической эффективности новых и модернизированных машин, изобретений и рационализаторских предложений. : М. : ВИСХОМ, 1985. – 63
19. Механизованная уборка овощей за рубежом : обзорная информация. – М. : ЦНИИТЭитракторсельмаш, 1982. – 46 – 47.
20. Гринь О. М. 1990. Механізація виробництва овочів / О. М. Гринь. – К. : Урожай, – 192
21. Деревенко В. В. 1967. Методика технического экспериментального исследования в сельском хозяйстве / В. В. Деревенко // Труды Кубанского СХИ. – Краснодар : Кубанский СХИ, – № 15. – 193–201.

22. Доброхотов В. К. 1940.. Семеноведение и контрольно семенное дело / В. К. Доброхотов. – М.,– 240.
23. Довідник по насінництву овочевих і баштанних культур / [ред. Р. А. Ткаченко 1972]. – К. : Урожай,. – 204
24. Довідник по овочівництву і баштанництву. / [ред. В. П. Голян 1981.]. – К. : Урожай,– 295
- 25 Пастушенко С.І., 2010, Особливості досліджень механіко-технологічних властивостей насіння огірка та дині - Lublin, Motrol – 196
- 26.Пастушенко С.І., 2007, Технологічна лінія для отримання насіння овочевих баштанних культур / Пастушенко С.І., Шебанін В.С., Думенко К.Н. MOTROL, MOTORYZACIA I ENERGETIKA ROLNICTWA /MOTORIZATION AND POWER INDUSTRI IN AGRICULTURE, TOM 9A, LUBLIN 26.

COST-EFFECTIVE
IMPLEMENTATION COMPLEX
MACHINE FOR SEEDS OF MELON
AND CUCUMBER

Abstract: The basic problems of the current state of mechanization selection of vegetable seeds and melon crops. The main results of determining the economic efficiency of the complex machinery of the additional allocation of seeds and seed mass of technological refinement of melon and cucumber.

Key words: complex machines, refinement of seed mass, the economic effect, the payback period.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ РАЗРЯДОВ

Олег Хвощан, Ангелина Майстренко

Николаевский государственный аграрный университет
г. Николаев, ул. Крылова 17а

Аннотация: Приведена методика и результаты экспериментальных исследований амплитуды и длительности импульсов давления волноводным датчиком при высоковольтных импульсных разрядах в различных средах при высоком (до 40 МПа) гидростатическом давлении

Ключевые слова: волноводный датчик давления, высоковольтный импульсный разряд, гидродинамические характеристики, амплитуда волны давления

ВВЕДЕНИЕ

Теоретическими и экспериментальными исследованиями, проведенными в различных странах в последние годы, установлено, что наиболее эффективные технологии разработки трудноизвлекаемых запасов нефти основываются на комбинации известных методов воздействия на нефтяные пласты, например, физико-химических. При этом основной целью является подбор такого сочетания рабочих агентов, которое обеспечивает наиболее эффективное интегральное проявление факторов увеличения притока нефти, присущих каждому методу отдельно [1 - 6].

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Известно, что эффективность высоковольтных электрических разрядов в жидкости зависит от свойств рабочей среды [7 - 9]. Для электроразрядной технологии воздействия на призабойную зону скважин (ПЗС), которая реализуется при высоких гидростатических давлениях, выбор среды, заполняющей скважину, имеет решающее значение [10 - 13]. Как показали результаты лабораторных исследований и обработка ПЗС устройствами типа "Скиф" [14, 15], электроразрядная технология не всегда обеспечивает необходимый положительный эффект, в частности, это относится к низкопроницаемым коллекторам со сниженной проницаемостью за счет выпадения асфальто-смоло-парафиновых отложений (АСПО) и отложения минеральных солей (ОМС). Одним из вариантов повы-

шения эффективности электроразрядной обработки коллекторов со сниженной проницаемостью от выпадения АСПО и ОМС может являться комплексное воздействие электрического разряда в растворах поверхностно-активных веществ (ПАВ) [16, 17].

Известно [18, 19], что искровой разряд в водных электролитах носит случайный характер ввиду большого количества факторов, влияющих на его формирование. Поэтому может наблюдаться значительный разброс основных характеристик при многочисленном повторении разряда. При многократном повторении опыта распределение характеристик разряда подчиняется нормальному закону.

Одним из основных факторов воздействия на ПЗС при электрических разрядах являются импульсы давления, возникающие после искрового разряда в межэлектродном промежутке.

Целью работы явились исследования влияния рабочей среды на амплитуду импульсов давления при высоковольтных импульсных разрядах.

Исследования проводились на экспериментальном стенде, схема которого приведена на рис. 1. Стенд состоит из энергетической и технологической частей.

Технологическая часть (рис. 1) предназначена для физического моделирования скважинных условий и содержит камеру высокого давления (13), насос высокого давления (19), манометр (14), вентили для забора проб газов (15) и рабочей среды (16), вентили

для слива (21) и сброса давления (17), запорный вентиль (20) и бак с жидкостью (18). Забор проб жидкости производился из зоны разрядного промежутка 12, проб газа (вентиль 15) - из верхней точки и слив жидкости (вентиль 16) - из нижней точки камеры (13). Электродная система (12) типа «острие-плоскость» повторяет электродную систему устройств «Скиф».

В качестве рабочей среды при электрическом разряде использовались жидкости, которые могут быть использованы для заполнения скважин при их остановке для ремонта: водный электролит ($\sigma_0 = 0,1 \text{ Ом}^{-1}\text{м}^{-1}$); 0,3% водный раствор НМК-21 ($\sigma_0 = 0,1 \text{ Ом}^{-1}\text{м}^{-1}$) и водонефтяная эмульсия обводненностью O до 30% (удельное сопротивление дисперсной фазы – водного электролита $\sigma_0 = 1,1 \text{ Ом}^{-1}\text{м}^{-1}$) с добавкой 0,3% НМК-21, в дальнейшем ВНЭ+НМК-21.

Энергетическая часть стенда предназначена для формирования импульсов тока в разрядном промежутке технологической камеры и включает в себя регулируемый автотрансформатор (1), повышающий трансформатор-выпрямитель (2), блокировки (3), зарядные резисторы (4), емкостный накопитель (5), пульт управления (6), воздушный разрядник (7), шунт (8), осциллограф (9), делитель напряжения (10), киловольтметр (11), электродную систему (12).

Исследования выполнялись при исходных параметрах экспериментальной установки, близких к номинальным параметрам устройств типа «Скиф» [20, 21]:

- емкость накопительной батареи конденсаторов $C = 2,4 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$;
- зарядное напряжение $U = 3 \cdot 10^4 \text{ В}$;
- индуктивность разрядной цепи $L = 3 \cdot 10^{-6} \text{ Гн}$;
- радиус электрода-анода $r = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

Гидростатическое давление P_z в камере варьировалось в диапазоне от 0,1 до 30 МПа.

Качественная оценка импульсов давления производилась в камере высокого давления (КВД) волноводным датчиком давления (ВДД). На рис. 2

показано расположение датчика в камере относительно элементов электродной системы, которое поддерживалось неизменным для всех сред.

Оценка сигналов с ВДД при электрических разрядах выполнялась на сериях разрядов. Сигналы фиксировались на запоминающем осциллографе (схема приведена на рис. 3).

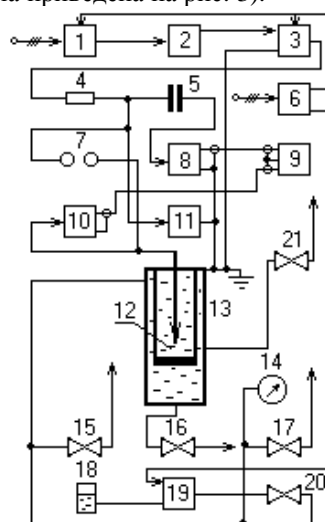


Рис. 1. Структурная схема стенда
Fig. 1. Flow diagram of stand

Типичная форма сигналов регистрируемых импульсов давления представлена на рис. 4.

Периодический контроль характеристик ВДД производился на установке динамической калибровки широкополосных датчиков давления [22].

Форма исследуемого сигнала при разрядах в различных средах при разных гидростатических давлениях оставалась неизменной. На один канал (рис. 3) подавался сигнал, полученный с помощью коаксиального шунта (импульсный ток), на второй – импульс, снимаемый с ВДД. Производилась серия разрядов, фиксировались сигналы с разбросом амплитудного значения тока $\pm 10\%$. Обработка результатов в каждой точке производилась по 50 измерениям.

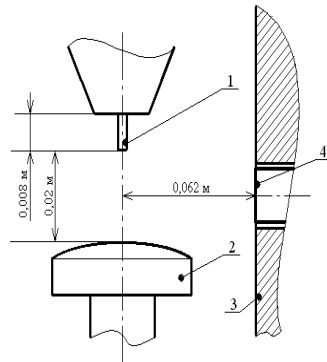


Рис. 2. Расположение волноводного датчика давления

1 – положительный электрод (анод);
2 – отрицательный электрод (катод);
3 – внутренняя поверхность камеры высокого давления; 4 – расположение приемного доньшка ВДД

Fig. 2. Location of waveguide sensor of pressure (WSP)

1 - positive electrode (anode); 2 - negative electrode (cathode); 3 - internal surface of chamber of high pressure; 4 - location of the receiving bottom of WSP

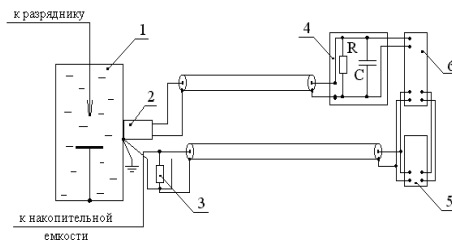


Рис. 3. Схема измерения импульсов давления ВДД

1 – камера высокого давления; 2 – волноводный датчик давления; 3 – коаксиальный шунт; 4 – RC-цепочка; 5 – генератор импульсов; 6 – запоминающий осциллограф

Fig. 3. Chart of measuring of impulses of pressure by WSP 1 - chamber of high pressure; 2 - waveguide sensor of pressure; 3 - coaxial shunt; 4 - RC-chain; 5 - generator of impulses; 6 - memorizing oscilloscope

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На рис. 5 представлена зависимость амплитуды импульса давления от гидростатического давления в КВД. В данном случае:

$$P_{m \text{ ср.}} = \sum_{i=1}^n P_{mi} / n,$$

где: P_{mi} – амплитуды импульса давления в рабочей среде при определён-

ном гидростатическом давлении; n – число импульсов ($n = 50$).

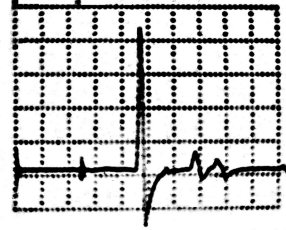


Рис. 4. Импульс, регистрируемый волноводным датчиком давления
Fig. 4. Impulse registered by the waveguide sensor of pressure

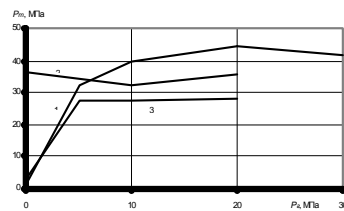


Рис. 5. Зависимость амплитуды импульса давления от гидростатического давления при электроразряде в различных средах

1 – ВНЭ+НМК-21; 2 – водный электролит, $\sigma_0 = 0,1 \text{ Ом}^{-1}\text{м}^{-1}$; 3 – 0,3% водный раствор НМК-21

Fig. 5. Dependence of amplitude of impulse of pressure on hydrostatical pressure in different environments

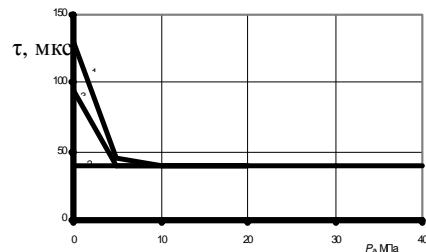


Рис. 6. Зависимость времени задержки импульса давления относительно момента начала активной стадии пробоя при изменении гидростатического давления в различных средах

1 – ВНЭ+НМК-21; 2 – водный электролит, $\sigma_0 = 0,1 \text{ Ом}^{-1}\text{м}^{-1}$; 3 – 0,3% водный раствор НМК-21

Fig. 6. Dependence of time of delay of impulse of pressure in relation to the moment of beginning of active stage of hasp at the change of hydrostatical pressure in different environments

При атмосферном давлении в камере (рис. 5) наибольшие значения импульсного давления были зафиксированы при разряде в водном электролите (кривая 3). Практически на порядок меньшие значения импульсного давления наблюдались при разряде в водном растворе НМК-21 и ВНЭ+НМК-21. Это объясняется наличием в составе НМК-21 пенообразующих компонентов, которые в районе межэлектродного промежутка образуют большое количество газожидкостной смеси с газовыми пузырьками диаметром от 3 до 5 мм [23]. Это приводит к увеличению времени задержки τ импульса давления относительно момента начала активной стадии пробоя (резкого нарастания тока) и, следовательно, уменьшению скорости распространения волн давления в среде. Так, если при разряде в водном электролите при всех значениях гидростатического давления, время задержки имело достаточно стабильное значение $\tau \approx 4 \cdot 10^{-5}$ с, то при атмосферном давлении в водном растворе НМК-21 $\tau = 9,5 \cdot 10^{-5}$ с, а в ВНЭ+НМК-21 τ составляло от $1 \cdot 10^{-4}$ до $1,7 \cdot 10^{-4}$ с (рис. 6).

При увеличении гидростатического давления и 5 МПа ситуация изменилась. Среднее значение амплитуды импульса давления P_m в водном растворе НМК-21 достигло величины ~ 28 МПа и в дальнейшем слабо зависело от изменения P_z , при этом $\tau \approx 4 \cdot 10^{-5}$ с, что свидетельствовало об уменьшении размеров газовых включений (от 70 до 45 мкм [9]).

С увеличением P_z до 5 МПа существенно (с 3 до 32,5 МПа) возрастает P_m при разряде в ВНЭ+НМК-21 (рис. 5 кривая 1), а τ уменьшается до $4,5 \cdot 10^{-5}$ с. При более высоких P_z кривые 1 и 2 для ВНЭ+НМК-21 практически совпадают, достигая максимума ($P_m \approx 45$ МПа) при $P_z = 20$ МПа.

Необходимо отметить, что при разряде в различных средах наблюдался некоторый статистический разброс в показаниях ВДД, связанный с комплексным влиянием ряда факторов. Оценим разброс с помощью приведенных на рис. 7 гистограмм.

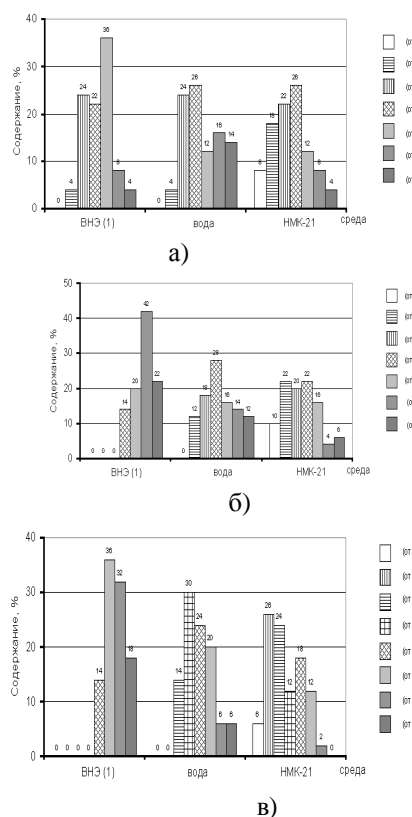


Рис. 7. Распределение амплитуд импульсов давления при электропроладе в различных средах а – $P_z = 5$ МПа; б – $P_z = 10$ МПа; в – $P_z = 20$ МПа

Fig. 7. Distributing of amplitudes of impulses of pressure at an electro-digit in different environments

На рисунке 7 (а–в) изображены гистограммы распределения амплитуд импульсов давления при разряде в разных средах для конкретных значений гидростатического давления. При $P_z = 5$ МПа (рис. 7а), несмотря на более стабильные показания датчика в ВНЭ+НМК-21, более эффективно с точки зрения гидродинамического воздействия использовать разряд в водном электролите.

Но уже при $P_z = 10$ МПа (рис. 7б) отмечается увеличение числа разрядов с высокими P_m в ВНЭ+НМК-21 (в группу от 0,6 до $0,9P_{m \max}$ входит 84% разрядов). В водном электролите наблюдается снижение эффективности гидродинамического воздействия (в группу от 0,6 до $0,9P_{m \max}$ входит лишь 42% разрядов).

При $P_2 = 20$ МПа (рис. 7в) наблюдается полное преобладание, с точки зрения гидродинамического воздействия, разрядов в ВНЭ+НМК-21 (88% разрядов входят в группу с амплитудами импульсного давления от 0,7 до $1,0P_{m \max}$). В то же время наибольшее количество импульсов давления в водном электролите попало в группу с амплитудами от 0,5 до $0,8P_{m \max}$ (74% разрядов) и в группу с амплитудами от 0,3 до $0,5P_{m \max}$ (50 % разрядов) при воздействии в водном растворе НМК-21.

ВЫВОДЫ

1. При низких значениях гидростатического давления наибольшие амплитуды импульсного давления отмечаются при разряде в водном электролите, однако наблюдается статистический разброс в показаниях ВДД, что можно объяснить нестабильностью пространственного положения канала разряда по отношению к местоположению датчика;

2. Значительный объем газовых включений диаметром до 5 мм, образующихся при разряде в водном растворе НМК-21 и ВНЭ+НМК-21 в условиях низкого гидростатического давления, практически на порядок уменьшает амплитуду давления по сравнению с разрядом в водном электролите; с ростом P_2 при снижении размера пузырьков возрастает P_m , однако в водном растворе НМК-21 гидродинамические возмущения все-таки не достигают соответствующих значений для разрядов в водном электролите;

3. При гидростатическом давлении $P_2 \geq 5$ МПа наилучшими показателями, с точки зрения гидродинамических характеристик, обладает разряд в водонефтяной эмульсии, что, по всей видимости, связано с благоприятным влиянием мелкодисперсных газовых пузырьков на стадию пробоя в практически обладающей высокими диэлектрическими показателями среде;

4. Для увеличения гидродинамического воздействия на ПЗС целесообразно в качестве рабочей среды при электрическом разряде использовать водонефтяные эмульсии с обводненностью до 30%.

5. Методика измерения гидростатического давления волноводными датчиками может быть использована как для исследования высоковольтных импульсных разрядов в жидкости, так и при экспериментальной проверке иных математических моделей расчета гидродинамических процессов в замкнутом ограниченном объеме [24, 25].

ЛИТЕРАТУРА

1. Сургучёв М.Л., Кузнецов О.Л., Симкин Э.М., 1975: Гидродинамические, акустическое, тепловое циклические воздействия на нефтяные пласты.
2. Тагиев Э.И., Палий П.А., Гадиев С.Н., 1968: Виброокислотная обработка эксплуатационных и нагнетательных скважин. Нефтяное хозяйство, 2, 42 – 45.
3. Абдулин Ф. С., 1975: Повышение производительности скважин.
4. Михалюк А. Б., 1986: Торпедирование и импульсный гидроразрыв пластов.
5. Patent 4506734 USA, E 21 B 43/26. Fracturing Fluid Breaker System which is activated by fracture closure / Kenneth G. Nolte (USA). – № 530174; fil. 09.07.83; publ. 03.26.85.
6. Ямбаев М. Ф., 2005: Термогазовый метод увеличения нефтеотдачи. Oil & Gas Eurasia, 11, 24 – 34.
7. Наугольных К.А., Рой Н.А., 1971: Электрические разряды в воде.
8. Щерба А. А., Поклонов С. Г., Жекул В. Г., 2003: Повышение эффективности систем электрогидроимпульсной обработки посредством стабилизации электропроводности водной среды в разрядном промежутке и выбора материала для электродов. Технічна електродинаміка: Тем. вип. “Силова електроніка та енергоефективність”, 4, 108 – 112.
9. Барбашова Г. А., Сизоненко О. Н., Тафтай Э. И., Хвоцан О. В., 2004: Влияние рабочей среды в скважине на эффективность электрического разряда. Нефтяное хозяйство, 6, 90 – 92.
10. Сизоненко О.Н., Швец И.С., 2001: О возможностях использования высоковольтного электрического разряда для интенсификации притока нефти в скважину. Геотехническая механика, 25, 79 – 85.
11. Жекул В. Г., Поклонов С. Г., Трофимова Л. П., Швец И. С., 2001: Формирование электрического разряда в водонефтяных

- эмульсиях при высоких давлениях и температурах. Электронная обработка материалов, 1, 37–42.
12. Поклонов С. Г., Глушенко В. Ж., Трофимова Л. П., 1992: Эффективность электрического разряда для условий нефтяных скважин. Нефтяное хозяйство, 3, 20–23.
13. Косенков В. М., Курашко Ю. И., Швец И. С., 2002: Влияние параметров электроразрядного воздействия на динамические и фильтрационные процессы при фильтрационной зоне водозаборных скважин. Геотехнічна механіка, 35, 23–31.
14. Сизоненко О. Н., Швец И. С., 1988: Особенности электроразрядной технологии интенсификации фильтрационных процессов в нефтяных коллекторах. Современные проблемы электрофизики и электродинамики жидкостей, 137–139.
15. Shvets I. S., Kurashko Yu. I., Klimanskiy N. N., Khvoshchan O. V., 2004: Electrohydroimpulse Equipment for Increase of the Output of Oil and Intake Wells. 13th International Symposium on High Current Electronics: Proceedings, 25–30 July 2004, 409–411.
16. Сизоненко О.Н., Шерстнев Н.М., 2001: Особенности изменения фильтрационных характеристик пород-коллекторов при реагентно-импульсном воздействии. Нефтяное хозяйство, 4, 49–51.
17. Сизоненко О.Н., Хвоцан О.В., 2001: К вопросу о возможности электроразрядного улучшения фильтрационных характеристик пород-коллекторов. Импульсные процессы в механике сплошных сред: матер. IV Междунар. науч. школы–семинара, авг. 2001 г., 101–102.
18. Жекул В. Г., Загребнюк В. И., Мурзаев А. В., Хаскина Л. С., 1980: Статистическое исследование времени запаздывания пробоя при разряде в воде. Физико-механические процессы при высоковольтном разряде в жидкости, 13–18.
19. Малюшевский П. П., Сизоненко О. Н., Поклонов С. Г., 1988: Особенности начальной стадии высоковольтного пробоя жидкости при повышенном гидростатическом давлении и температуре. Электрический разряд в жидкости и его применение в промышленности: Тезисы докладов IV научно–технической конференции, сентябрь 1988, 1, 63.
20. Хвоцан О. В., Сизоненко О. Н., Курашко Ю. И., Швец И. С., 2005: К выбору параметров генератора импульсных токов установок погружного типа. Вісник Нац. техн. ун-ту “ХПІ”: Тем. вип. “Електроенергетика і перетворююча техніка”, 49, 111–118.
21. Пат. 33365 Україна, МПК (2006) E21B 43/25 H03K 3/53, 2007: Генератор імпульсних струмів заглибного свердловинного пристрою / Ю. І. Курашко, О. В. Хвоцан, В. В. Литвинов (Україна). – № у 2007 14484; заявл. 21.12.2007; опубл. 25.06.2008.
22. Теляшов Л. Л., Чеканов Ю. С., Гнатенко Е. К., 1978: Установка для динамической калибровки широкополосных датчиков давления. Физические основы электрогидравлической обработки материалов, 160–165.
23. Амиян В. А., Амиян А. В., Васильева Н. П., 1980: Вскрытие и освоение нефтегазовых пластов, 380.
24. Homyak Yu., Gutryra S., Koleuschenko A, Zajac G., 2004: A Shell Model of the Hollow Shaft for an Analysis of the Stressed State in Fitted Zone. MOTROL, 6, 101–107.
25. Kovalyshyn S. Yo., Tomjuk V. V., 2011: Optimization of Oil Press Parameters. MOTROL, 13, 173-182.

EXPERIMENTAL RESEARCH OF HYDRODYNAMIC DESCRIPTIONS OF HIGH-VOLTAGE IMPULSIVE DIGITS

Abstract. A method and results of experimental researches of amplitude and duration of impulses of pressure by a waveguide sensor at high-voltage impulsive digits in different environments at high (up to 40 MPa) hydrostatical pressure is resulted

Key words: waveguide sensor of pressure, high-voltage impulsive digit, hydrodynamic descriptions, amplitude of wave of pressure.

ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ОХОРОНИ ТА БЕЗПЕКИ ПРАЦІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ГАЛУЗІ МИКОЛАЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Ірина Думенко, Катерина Тайхриб

Николаевский государственный аграрный университет
54000 г. Николаев, ул. Крылова 17 а

Анотація: В статті розглянуто стан охорони та безпеки сільськогосподарської галузі Миколаївської області. Проаналізовано проблеми, які пов'язані з сільськогосподарською галуззю. Надано рекомендації для подолання проблем сільськогосподарської галузі.

Ключові слова: охорона праці, безпека праці, агропромислові підприємства, нещасні випадки, травматизм.

ВСТУП

Миколаївщина – аграрний потенціал країни. У сільськогосподарській галузі області зайнята основна частина трудових ресурсів. На одного працівника, зайнятого в АПК, сьогодні припадає понад 11 га орної землі. 20% нещасних випадків на виробництві в області також припадають на сільськогосподарську галузь. Перелік проблем, які на сьогодні постають щодо безпечної організації сільськогосподарського виробництва, настільки великий, що складається враження, що охорони праці на селі взагалі немає.

Отже, створення для працівників сільськогосподарської галузі АПК Миколаївської області безпечних та належних умов праці – це запорука виробничої безпеки регіону.

МЕТА РОБОТИ

Незважаючи на те, що Україна рухається шляхом економічних реформ, вона все ще залишається країною з високими ризиками виробничого травматизму.

Ситуація зі зростанням рівня травматизму в аграрному секторі непокоїть як управлінців цієї галузі, так і наглядовий орган.

Держгірпромнагляд – це не регулятор економічної чи господарської діяльності, а спеціально уповноважений центральний орган виконавчої влади з нагляду за охороною праці. Він стоїть на варті життя і здоров'я працюючих, тому обмежувати його інспек-

ційну роботу – це просто неприпустимо.

Аналіз стану охорони праці на підприємствах АПК, свідчить про те, що проблеми у цій сфері здебільшого пов'язані також з якістю базової освіти фахівців. Україні вкрай необхідна сертифікація спеціалістів з охорони праці. Вони, як і викладачі цієї дисципліни у вищих навчальних закладах, мають постійно підвищувати свій професійний рівень.

Система управління охороною праці в аграрному секторі економіки повинна базуватися на сучасних інформаційних технологіях, а впроваджувати їх у практику виробничих відносин мають працівники, в яких сформовано працезохоронний світогляд, на що необхідно спрямувати зусилля аграрних закладів освіти області.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Порівнюючи динаміку виробничого травматизму в АПК області у 2010-2011 роках можемо бачити, що стан погіршився (24 нещасних випадки проти 19 у 2010р.). Разом з цим можемо бачити, що збільшився відсоток нещасних випадків, які сталися з організаційних причин (77,8% проти 62,5% у 2010р.). Це свідчить про незадовільну організацію роботи з охорони праці на сільськогосподарських підприємствах області.

Серйозною проблемою на сьогоднішній день є те, що багато нещасних випадків за згодою представників

профспілок або уповноважених трудових колективів необґрунтовано визнаються такими, що не пов'язані з виробництвом.

Також серед причин, що призвели до травмування, не останнє місце посідає порушення трудової та виробничої дисципліни (невиконання вимог інструкцій і посадових обов'язків, алкогольне та наркотичне сп'яніння, використання техніки заради власних інтересів, незадовільні фізичні дані або стан здоров'я).

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

На агропромислових підприємствах області минулого року було зайнято 126 тис. працівників – майже третина осіб, що задіяні в галузях, представлених в регіоні, а це – 424 тис. осіб. Майже 16 тис. із 34 тис. суб'єктів господарювання в області (46%), піднаглядових обласному теруправлінню Держгірпромнагляду, є сільськогосподарськими підприємствами, на яких експлуатується понад 17 тис. виробничих об'єктів.

Після набуття чинності Закону «Про основні засади державного нагляду (контролю) в сфері господарської діяльності» було запроваджено мораторій на проведення планових перевірок СГД, які не належать до групи з високим ступенем ризику, а також відбулось скорочення посад спеціалістів з охорони праці. Внаслідок таких змін стало практично неможливо охопити наглядом аграрний сектор області, коли за ним закріплено лише чотири інспектори.

Тож не дивно, що кількість перевірок, здійснених теруправлінням у 2011р., значно зменшилась. Якщо у 2010 р. здійснено 29 всебічних перевірок агропідприємств, то у 2011 р. – 8. У 2010р. перевірено 196 об'єктів підвищеної небезпеки, а у 2011 р. - лише 6. Зросла кількість виявлених інспекторами порушень у сільському господарстві - 5,9 тис. (що майже на 1 тис. більше, ніж у попередньому році). І хоч переважну більшість порушень було

усунено, враховуючи мізерний відсоток перевірених об'єктів, можна лише здогадуватись, на які ризики можуть наражатися працівники села.

Аналіз актів перевірок сільськогосподарських підприємств свідчить, що переважна більшість підприємств області не додержують порядку проходження стажування робітників на робочих місцях, не переглядають інструкції з охорони праці та посадові інструкції спеціалістів, не мають на руках заключних актів проходження працівниками періодичних медоглядів.

Стан обладнання, механізмів в авто гаражах та ремонтних майстернях незадовільний. Працівники здебільшого працюють на них без засобів колективного та індивідуального захисту, перевірка знань з питань охорони праці не проводиться. Ще більш тривожить стан будівель і споруд як виробничої сфери, так і об'єктів, що належать до соціальної сфери (сільські клуби, школи, дитячі садки).

Негативна тенденція спостерігається при експлуатації енергетичних об'єктів та енергогосподарств. Здебільшого на агропідприємствах відсутня необхідна кількість електротехнічних працівників для обслуговування електроустановок, а відповідальні за електрогосподарство часто не проходять чергові перевірки знань. Часто електроустановки допускаються до експлуатації без заземлення, не проводяться їх профілактичні випробування та наладка.

На переважній більшості підприємств АПК області відсутній громадський контроль за станом охорони праці. Кількість членів профспілки працівників АПК в області постійно зменшується, хоча останніми роками цей процес уповільнився. На сьогоднішній день роботодавцю зовсім не вигідно створювати на підприємстві організацію, яка б захищала інтереси працівників. Державна влада майже не приймає участі в регулюванні цього питання. Отже, крім профспілок, більше нікому захищати людей у разі нещасних випадків.

Що стосується аналізу рівня травматизму по професіям, то найбільше в агропромисловому комплексі травмовано та загинуло механізаторів. Основна причина цих нещасних випадків – незадовільний технічний стан тракторів, порушення механізаторами вимог інструкцій з охорони праці. Також до найбільш травмонебезпечних у галузі відносять професії водіїв та сторожів.

Турбує стан охорони праці на підприємствах зберігання та переробки зерна. Цього року на них загинуло 3 та травмовано 4 працівники.

ВИСНОВКИ

Стан умов та безпеки праці в сільськогосподарському виробництві Миколаївської області продовжує залишатися незадовільним. Попри зусилля наглядовців та інших зацікавлених сторін, позитивні зрушення у цій сфері відбуваються дуже повільно. На жаль, питання безпеки та охорони праці, які стояли перед нами два – три роки тому, залишаються такими ж актуальними і на сьогоднішній день. Ризик отримати виробничу травму або професійне захворювання в аграрному секторі Миколаївської області в декілька разів вищий, ніж в інших галузях виробництва. Серед чинників, які сьогодні спричиняють нещасні випадки, на першому місці – організаційні. Тому одним із найважливіших напрямів створення безпечних і здорових умов праці на об'єкті господарювання є високий рівень організаторської роботи на основі сучасних методів управління охороною праці та їх постійне вдосконалення.

Нині повною мірою вирішити проблему створення здорових і безпечних умов праці можливо лише тоді, коли на обласному, галузевих, районних, а також безпосередньо на підприємствах буде впроваджена та успішно діятиме система управління охороною праці (СУОП). Керівники сільськогосподарських підприємств області повинні отримувати дієву консультаційну та методичну допомогу з питань впровадження цієї системи з боку держав-

них наглядових органів та структурних підрозділів Міністерства аграрної політики і продовольства України.

Стосовно недоліків нормативно-правової бази України з питань охорони праці, слід зазначити, що більшу частину нормативно-правових актів необхідно переглянути. Застарілі норми, які не відповідають вимогам часу, слід замінити, враховуючи сучасні наукові та технічні розробки у галузі безпеки праці.

Настав вже час подумати про створення спеціальних програм на радіо і телебаченні, які б застерігали працюючих від необачних дій, прививали їм повагу до чинних норм та правил безпеки, змушували б критично оцінювати свою поведінку в процесі трудової діяльності. Всі програми, щодо підвищення рівня правової, інформаційно-роз'яснювальної роботи з охорони праці повинні достатньо фінансуватися. Лише так ми зможемо виховати свідому поведінку як керівників так і працівників багатьох сільськогосподарських підприємств області, щодо створення і піклування про безпечні виробничі та побутові умови. Цю свідому поведінку необхідно виховувати ще з дитинства і використовувати для цього всі умови в період і подальшого навчання. Тоді у молодих спеціалістів до питань безпеки та охорони праці буде сформоване правильне ставлення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Bulgakov V., Sidorchuk O. Проектування сільськогосподарської техніки, її відповідальність міжнародним вимогам якості, стандартизації і сертифікації, 2011 – MOTROL, 13A
2. Гогіташвілі Г.Г., Карчевські Є.Т., Лапін В.М. Управління охороною праці та ризиком за міжнародними стандартами: Навч. посіб., 2007 – К.: Знання
3. ДСТУ 2293-99 «Охорона праці. Терміни та визначення основних понять», 1999 – Київ: держстандарт України
4. Дубровін В., Войналович О. Поліпшення управління охорони праці на селі шляхом впровадження інформа-

- ційних технологій // Охорона праці. – 2012.- №2
5. Закон України «Про охорону праці», 1992 (Із змінами, внесеними згідно із Законами №1331-IV від 25.11.2003)
6. Закон України «Про основні засади державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності», 2007. (Із змінами, внесеними згідно із Законом N 2756-VI (2756-17) від 02.12.2010)
7. Закон України «Про дозвільну систему у сфері господарської діяльності», 2005
8. Катренко Л.А., Кіт Ю.В., Пістун І.П. Охорона праці. Курс лекцій. Практикум: Навч. посіб., 2009 – Суми: Університетська книга
9. Kishchak I. Матеріально-технічне забезпечення кормо виробництва Миколаївської області, 2007 – MOTROL, 9A
10. Коваль А. Регіональні програми з охорони праці: шляхи вдосконалення // Охорона праці. – 2011.- №11.
11. Колесник С. Охорона праці! Відгукнісь! // Охорона праці. – 2012.- №2
12. Міждержавний стандарт ГОСТ 12.0.230-2007 ССБТ. Системи управління охороною праці. Загальні вимоги. МКС 13.100 октись 0012. Дата введення 2009-07-01
13. НПАОП 0.00-4.03-04 «Положення про Державний реєстр нормативно-правових актів з питань охорони праці». Наказ Держнаглядохоронпраці від 08.06.2004 р. № 151.
14. НПАОП 0.00-4.15-98 «Положення про розробку інструкцій з охорони праці». Наказ Держнаглядохоронпраці від 29.01.1998 р. № 9.
15. Основи охорони праці: Підручник / За ред. проф. В.В. Березуцького, 2005 – Х.: Факт
16. Пістун І.П., Кельман І.І., Вільковський Є.К. 2008 Охорона праці (людський чинник). Навчальний посібник, – Львів, Афіша
17. Плахтій П.Д., Савчук А.М. Охорона праці: тести, запитання, відповіді. Навчальний посібник. / За ред. П.Д. Плахтія, 2008– Кам'янець-Подільський: ПП Буйницький О.А.
18. Протоєрейський О.С., Запорожець О. І. Охорона праці в галузі: Навч. посіб., 2005 – К.: Книжкове вид-во НАУ
19. Rakul O. Аналітичний огляд проблем механізованого збирання кукурудзи в Україні, 2011 – MOTROL, 13A
20. Русаловський А.В. Правові та організаційні питання охорони праці: Навч. посіб. – 4-те вид., допов. і перероб., 2009 – К.: Університет «Україна».
21. Соколов В. Мета – пропаганда охорони праці // Охорона праці. – 2011. – №12.
22. Ткачов В. На сільськогосподарському фронті ситуація погіршилась // Охорона праці. – 2011. – №11.
23. Ткачук К.Н., Халімовський М.О., Зацарний В.В. та ін. Основи охорони праці: Підручник. – 2-ге вид., допов. і перероб., 2006 – К.: Основа
24. Третяков О.В., Зацарний В.В., Безсонний В.Л. Охорона праці: Навчальний посібник з тестовим комплексом на CD/ за ред. К.Н. Ткачука, 2010 – К.: Знання.

STUDY HEALTH AND SAFETY OF
AGRICULTURAL INDUSTRY OF NI-
KOLAEV OBLAST

Abstract. In the paper the State of protection and security of agricultural industry of Nikolaev region. Analysis of the problems of the agricultural area. Recommendations to overcome the problems of the agricultural sector.

Key words: occupational safety, safety, agro-enterprises, accidents, injuries.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОЛЬОРІВ НА ОПТИМІЗАЦІЮ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ

Ірина Думенко, Катерина Гайхриб

Николаевский государственный аграрный университет
54000 г. Николаев, ул. Крылова 17 а

Анотація: В статті розглядається вплив кольорової гами на фізичне та психічне здоров'я людини. Проаналізовані останні дослідження щодо впливу кольорів на оптимізацію навчального процесу. Досліджено оптимальне рішення щодо оформлення дизайну приміщень у навчальних закладах.

Ключові слова: колір, кольорова гамма, оптимізація, навчальний процес.

ВСТУП

Все життя нас супроводжує колір. Ще в утробі матері ми сприймаємо червоно-рожеве свічення, в якому знаходимося. З самого народження кожного з нас оточують кольори, що виявляють вплив на організм, нервову систему та психіку людини об'єктивний, безпосередній вплив, налаштовуючи його в унісон з оточуючим світом.

Колір значно впливає на нас: притягує нас і до нас, змушує робити покупки та викликає різноманітні емоції. Зумовлює раптові почуття і навіть фізіологічні реакції, від припливу крові до почуття холоду.

Вплив кольору однаковий для всіх, незалежно від статусу, віку та рівня інтелекту. Але в той же час відношення до певного кольору може залежати від культурно-історичних традицій та обрядів, а також ефект від впливу певного кольору залежить від значення цього кольору і того, з чим він асоціюється у даної конкретної людини.

Кімнати пофарбовані в теплі, червоні відтінки потребують менше опалення, бо в них людям менш холодно.

Колір може навіть лікувати. Наприклад, біль знімають відтінки блакитного. А сил надає помаранчевий. Зелений заспокоює. Надарма ми так намагаємось хоча б не на довго вирватись із міста - ближче до природи і її зеленого кольору.

Також він дуже впливає на психіку людини, адже його люди навчилися сприймати набагато раніше, ніж мову, наприклад. Знання кольорової дії вико-

ристовуються дизайнерами, а в давнину вплив кольору на психіку та, звичайно, на все життя, було важливою частиною фен-шуй - науки про організацію навколишнього середовища.

Врешті-решт колір може видавати нас з головою. По тому, яким кольорам ми надаємо перевагу, а які уникаємо, з якими кольорами асоціюємо певні почуття, емоції, людей ми можемо багато сказати про нас самих. В психології існує маса тестів, пов'язаних з кольором, а також цілий напрям - кольоротерапія.

Щодня ми перебуваємо в аурі кольорів: вбираємо очима яскраві обгортки та обкладинки журналів, п'ємо з різнобарвних чашок каву, насолоджуємось фільмами та виставками. Та, попри все, ми не задумуємося над тим, як на нас впливають ці кольори, ми їх сприймаємо на підсвідомому рівні.

Колір несе в собі закодовану інформацію. Кожна людина реагує на певні кольори по-різному, залежно від темпераменту і стану здоров'я. Є кольори, яких ми інстинктивно уникаємо - вони нас дратують, викликають дискомфорт і неспокій, інші - приємні для ока. Ми надаємо їм перевагу в одязі, прикрасах, інтер'єрі.

МЕТА РОБОТИ

У нашій роботі розглянемо характеристики основних кольорів та їх різноманітний вплив на організм людини. Проаналізуємо, яка саме кольорова гамма повинна переважати в навчальних закладах для комфортного навчального процесу.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Ще в часи найдавніших цивілізацій люди використовували колір для лікування. Так, у Стародавньому Єгипті були спеціальні приміщення в храмах, де сонячні промені відбивались і давали різні кольори спектру. Людина повністю заглиблювалась в колір. Називався цей спосіб лікування – Ра-терапія. В наші дні їй на зміну прийшла хромотерапія. Вона вивчає вплив кольору на здоров'я людини.

В XVII столітті Ісаак Ньютон вперше заговорив про веселку, як про спектр «кольорових почуттів». Вчений стверджував, що колір - це субстанція, що змінюється подібно звуку, тому існують такі кольори, які ми нездатні сприйняти. Сучасні вчені доводять, що наша кольорова чутливість розвивається і з часом ми зможемо бачити такі кольори, які абсолютно недоступні зараз. Колір має хвильову енергетичну природу. А значить - ми відчуваємо його, найчастіше - це відбувається несвідомо. Нерідкими є випадки, коли сліпі люди, відчуття яких надзвичайно загострені, щоб компенсувати відсутність зору, здатні розрізняти кольори через дотик. Це фактично доводить, що на наш мозок щодня впливають енергії різних кольорів, які ми бачимо і відчуваємо.

Л.П. Урванцев (1981) говорив про наявність залежності між наданням переваг у кольорі та факторами "екстраверсії" та "нейротизму" за Айзенком.

Кольори досліджували такі вчені: М.Сент-Джордж, Б.Райт, Л.Рейнватер, А.Купле, Р.Франсе, Миронова Л., Ізард К. та ін.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Сучасне суспільство відрізняється підвищеним рівнем візуального сприйняття. Підрастаюче покоління можна назвати поколінням «картинки, що біжить», до того ж яскраво розфарбованою на екрані. Наші органи чуття сприймаючи інформацію, аналізують навколишнє середовище. Колір здатний додати бадьорість, збільшити жит-

тєві сили. Він усуває порушення балансу в роботі органів, подовжує життя.

Отже, ми розглянемо, яка саме кольорова гама повинна переважати в начальних закладах для комфортного навчального процесу.

Для цього ми проведемо дослідження, як кольори впливають на фізичне та психічне здоров'я і знайдемо оптимальні рішення для оформлення та дизайну приміщень у навчальних закладах.

Вплив кольору на фізичне здоров'я студента:

Жовтий - лікує депресію, сприяє зміцненню нервів, активізує рухові центри, генерує енергію для м'язів, стимулює і очищує печінку, кишечник, шкіру, має жовчогінну і послаблюючу дію.

Синій - пригнічує апетит, допомагає розслабитися, позитивно впливає на дихальну систему, сприяє спазму судин і підвищує тиск, володіє протимікробною дією. Використовують його при дезінфекції приміщень, для лікування хвороб вуха, горла і носа, шлунково-кишкового тракту. Щодо ока - це захворювання рогівки, початкова катаракта, короткозорість. При тривалому впливі синій колір може викликати втому і депресію.

Зелений - сприяє регенерації клітин, зміцнює імунну систему, стабілізує тиск і серцеву діяльність, усуває спазми судин і знижує кров'яний тиск, розширює капіляри, сприяє гарному настрою. Тому застосовується при серцево-судинних захворюваннях, невралгіях, астмі, остеохондрозі, імпотенції, безсонні. Також для лікування глаукоми, короткозорості, хвороб сітківки та зорового нерва.

Помаранчевий - сприяє активній роботі нирок, сечового міхура, прискорює кровообіг, позитивно впливає на стан кісткових тканин, зубів, волосся, найактивніший стимулятор енергії, а від того й апетиту, от чому його так широко використовують в підприємствах швидкого харчування. Цей колір стимулює мозкову діяльність таким чином, що навіть сита людина відчуває постійне бажання щось поїсти. Тому

цей колір широко використовують при оформленні та рекламі продуктів харчування. Крім того помаранчевий колір є найактивнішим із усієї гами.

Фіолетовий - стимулює роботу серця і мозку, а також вироблення гормону мелатоніну, знімає депресію і омолоджує організм, підвищує імунітет, стимулює щитовидну залозу, функцію селезінки, підвищує м'язовий тонус. В іншому цей колір діє так само, як синій.

Червоний - покращує травлення, стимулює фізичну активність, нервові центри, ліву півкулю, робить частішим дихання, знижує кров'яний тиск, заряджає енергією печінку і м'язи. Проте, при тривалій дії може викликати втому і прискорене серцебиття. Він застосовується при лікуванні неокрів'я, бронхіальної астми, пневмонії, захворювань ендокринної системи, ревматизму, апатії, патології сітківки ока і косоокості. Протипоказаний червоний колір при лихоманці, нервовому збудженні, гіпертонії, запальних процесах, невриттах.

Блакитний - допомагає при хворобах, пов'язаних з обміном речовин, центральної нервової системи, захворюваннях горла і органів дихання, знижує кров'яний тиск.

Проведемо дослідження впливу кольору на психічне здоров'я студента:

Жовтий – допомагає зосередитися, підвищує творчу активність, надихає на філософські роздуми, збуджує інтелект; синій - викликає почуття спокою, знижує емоційну напругу, налаштовує на серйозність і суворість у поведінці; зелений - знімає напругу, заспокоює; помаранчевий – бадьорить, знімає втому, бореться з депресією; фіолетовий - сприяє виникненню пригніченого стану; червоний - підвищує дратівливість і агресивність; блакитний - знімає напругу, заспокоює.

ВИСНОВКИ

Проаналізувавши вплив кольорів на психічний і фізичний стан студентів, можна зробити висновки щодо зв'язку об'єктивних властивостей кольору з реакціями, які вони викликають у сту-

дента і оптимізувати дизайн інтер'єру аудиторій, де проходить навчальний процес.

1. Стіни аудиторій та бібліотеки – відтінки жовтого (бежевий, кремовий). Ці відтінки будуть сприяти активізації розумової діяльності, сприяти концентрації уваги, дисципліні в групі.

2. Дошка повинна бути темно-зеленою (а крейда - жовтого або помаранчевого кольору). Ці кольори знімають напругу, заспокоюють, привертають увагу.

3. Спортзал – відтінки помаранчевого. Цей колір тонізує, стимулює активність, зігріває.

4. Сходові отвори – зелений. Цей колір стабілізує дихання та серцебиття.

5. Їдальня – відтінки бежевого та світло-жовтого. Ці кольори покращують апетит, стимулюють роботу шлунка. На стінах їдальні можна розмістити картини із зображеннями фруктів та овочів.

6. Підлога може бути коричнева – по ній людина буде ходити впевнено.

Кольори можуть візуально розширювати приміщення (наприклад, жовтий і жовто-зелений).

Колір – один з найважливіших елементів інтер'єру. Від вибору кольору залежить, чи буде затишно та комфортно працювати студентам.

Кожен з кольорів несе своє емоційне навантаження, яке необхідно враховувати при оптимізації навчальної роботи студента.

Перспективними завданнями подальших досліджень є аналіз впливу змішаної кольорової гами, ахроматичних кольорів. Як будуть впливати розміщені на стінах аудиторій картини, навчальні стенди на зосередженість та увагу студентів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Безопасность жизнедеятельности: Учебник / Под ред. проф. Э.А. Арустамова, 2000 – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Изд. дом "Дашков и К"
2. Безопасность жизнедеятельности: Підручник / В.Г. Цапко, Д.І. Мазоренко, Ю.С. Скобло, Л.М. Тищенко; За ред. В.Г. Цапка, 2008. – К.: Знання

3. Безпека життєдіяльності (забезпечення соціальної, техногенної та природної безпеки): Навч. посібник/ В.В. Бегун, І.М. Науменко, 2004 – К.
4. Безпека життєдіяльності: Навч. посіб. / О.С. Баб'як, О.М. Сітенко, І.В. Ківва та ін., 2000 – Х.: Ранок
5. Березуцький В.В., Васьковець Л.А., Вершиніна Н.П. та ін. Безпека життєдіяльності: Навчальний посібник / За ред. проф. В.В. Березуцького, 2005 – Х.: Факт
6. Желібо Є.П., Заверуха Н.М., Зацарний В.В. Безпека життєдіяльності. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів освіти України I-IV рівнів акредитації/ за ред. /Є.П. Желібо, і В.М. Пічі. – Львів: Піча Ю.В., 2002 – К.: "Каравела", Львів: "Новий Світ
7. Gorbunova K., Mozgovej V. Формирование деловой активности у учащихся профессионально-технических учебных заведений в процессе теоретического и производственного обучения, 2008 – MOTROL, 10B
8. Заплатинский В.М. Полімовний тлумачний словник з безпеки. Підручник, 2009. – К.: Центр учбової літератури – 120 ISBN 978-911-01-0002-1
9. Заплатинський В., Матис Й. Безопасность в эру глобализации. Монография, 2010 – ЦУЛ
10. Збірник нормативних документів з безпеки життєдіяльності, 2007 – К.: Основа
11. Касьянов М.А., Ревенко Ю.П., Медяник В.О., Арнаут І.М., Друзь О.М., Тищенко Ю.А. Безпека життєдіяльності: Навчальний посібник, 2006 – Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля
12. Kiktenko A. Место инженера-педагога в современном мире, 2011 – MOTROL, 13A
13. Концепція освіти з напрямку "Безпека життя і діяльності людини" / В.О. Кузнецов, В.В. Мухін, О.Ю. Буров та ін. // Інформаційний вісник. Вища освіта, 2001 – К.: Вид-во наук.-метод. центру вищої освіти МОНУ – № 6
14. Ліпкан В.А. Безопасознавство: Навч. посіб., 2003 – К.: Вид-во Європ. ун-ту
15. Litvinchuk S. Модульно-компетентнісний підхід до навчання студентів у вищій школі, 2011 – MOTROL, 13A
16. Мохняк С.М., Дацько О.С., Козій О.І., Романів А.С., Петрук М.П., Скіра В.В., Васійчук В.О., Безпека життєдіяльності. Навчальний посібник, 2009 – Львів: Видавництво НУ "Львівська політехніка"
17. Піскунова Л.Е. Безпека життєдіяльності: підручник / Л.Е. Піскунова, В.А. Прилипко, Т.О. Зубок, 2012 – К.: ВЦ «Академія»
18. Пістун І.П., Кельман І.І., Вільковський Є.К. Охорона праці (людський чинник). Навчальний посібник, 2008 – Львів, Афіша
19. Про охорону здоров'я: Закон України, 1992 – К.
20. Скобло Ю.С., Соколовська Т.Б., Мазоренко Д.І., Тищенко Л.М., Троянов М.М. Безпека життєдіяльності: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів III-IV рівнів акредитації, 2003 – Київ: Кондор
21. Яким Р.С. Безпека життєдіяльності. Навч. посіб., 2005 – Львів: Видавництво "Бескид Біт"
22. Яремко З.М. Безпека життєдіяльності. Навчальний посібник, 2005 – Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. І.Франка,
23. Ястребов Г.С. Безопасность жизнедеятельности и медицина катастроф : учеб. пособие / Г.С.Ястребов; под ред. Б.В.Кабарухина, 2005 – Изд. 3-е. Ростов н/Д : Феникс

RESEARCH OF INFLUENCE OF COLORS ON THE OPTIMIZATION OF THE EDUCATIONAL PROCESS

Abstract. The article discusses the impact of the color gamut of the physical and mental health. Analysed the latest research on the influence of color on the optimization of the educational process. Are the optimal solution for the design of educational institutions.

Key words: color, color gamma, optimization, the educational process.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОДОЛЬНЫХ ВОЛН ДЕФОРМАЦИИ В ПОЧАТКЕ КУКУРУЗЫ ПРИ ЕГО ОТДЕЛЕНИИ ОТ СТЕБЛЯ

Александр Ракул^{*}, Валерий Поздеев^{**}, Владимир Пилип^{*}

^{*}Николаевский государственный аграрный университет

^{**}Николаевский национальный университет им. В.О. Сухомлинского
г. Николаев, ул. Крылова, 17 а

Аннотация: В статье представлена математическая модель для початка кукурузы как эквивалентного однородного стержня.

Ключевые слова: кукуруза, початок, математическая модель, волны деформации, стержень-волновод, эквивалентный стержень.

ВВЕДЕНИЕ

Во всем комплексе мероприятий по выращиванию кукурузы решающее место занимает операция уборке урожая, которая в значительной степени определяет как объем, так и качество продукта. Большое разнообразие условий работы выдвигает особенные требования к кукурузоуборочным машинам, а именно их рабочим органам в части обеспечения одинаковой работоспособности и качества работы во всех зонах и в различных условиях [5, 14, 17].

На сегодняшний день перед отечественными аграриями остро стоит вопрос рационального использования посевных площадей, а также повышение эффективности выращивания сельскохозяйственных культур, которое не возможно без современной кукурузоуборочной техники. Однако создание такой техники невозможно без всестороннего изучения технологического процесса работы основных рабочих органов.

Если початкоочистительный аппарат используется только на специальных кукурузоуборочных комбайнах, при уборке кукурузы в початках с их очисткой от обертки, или на стационарных початкоочистительных аппаратах при уборке кукурузы без очистки початков, то без початкоотделительного аппарата механизированная уборка

кукурузы на зерно вообще не возможно [2, 6].

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Большие объемы работ по экспериментальному и теоретическому изучению в этом направлении проведены разными научно-исследовательскими институтами прежнего СССР и конструкторским бюро Херсонского комбайнового завода. Глубокие теоретические разработки, которые посвящены расчету початкоотделительных аппаратов проведенные такими известными учеными как А.И. Буянов, В.Т. Бондарев, М.Е. Резник и другие [4, 9, 10]. Однако и эти работы не дают необходимых данных для решения многих заданий по расчету початкоотделительных устройств, они преимущественно посвящены теоретическому обоснованию протягивания стеблей, отделению початков на пиккерных вальцах, расчета пропускной способности и производительности уборочных машин и не освещают вопросы совершенствования технологического процесса работы и конструктивных схем кукурузоуборочной техники, которые на современном этапе развития сельского хозяйства стали актуальными.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью данной работы является разработка математической модели для

початка кукурузы как эквивалентного однородного стержня.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Продольные волны деформации возникают в стержнях и тросах при их импульсном нагружении. Стержнем в механике называется твердое тело, поперечные размеры которого значительно меньше продольных. Стержень может испытывать деформации как сжатия, так и растяжения, а трос – только растяжения. Стержень и трос являются волноводами. В нашем случае в роли стержня-волновода выступает початок кукурузы при ударе, а в качестве троса-волновода – плодоножка [7, 8].

Распространение продольных волн деформации в волноводах описывается волновым уравнением вида [11, 12]:

$$\rho S(z) \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{\partial}{\partial z} \left(ES(z) \frac{\partial u}{\partial z} \right), \quad (1)$$

где: z – продольная координата ($0 \leq z \leq l$);

l – длина волновода,

t – время ($0 \leq t < \infty$),

u – функция продольных деформаций,

E – модуль упругости 1-го рода (модуль Юнга) материала волновода,

ρ – плотность материала волновода,

S – площадь поперечного сечения волновода.

Функция $u = u(x, t)$ является решением волнового уравнения (1).

Полагаем, что материал волновода является однородным, а его физические параметры (E , ρ) постоянные величины. Случай неоднородного волновода будет рассмотрен в следующем подразделе. С учетом принятого допущения уравнение (1) можно записать в виде:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = a_0^2 \left[\frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \left(\frac{1}{S(z)} \cdot \frac{\partial S(z)}{\partial z} \right) \frac{\partial u}{\partial z} \right], \quad (2)$$

$$a_0^2 = \frac{E}{\rho}, \quad (3)$$

где: a_0 – скорость распространения волн деформации по длине волновода.

В случае, если $S(z) = S_0 = const$, то $\partial S / \partial z = 0$ и уравнение (2) примет вид:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = a_0^2 \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}. \quad (4)$$

В более общем случае изменение сечения $S(z)$ по длине принимают в виде (рис. 1):

$$S(z) = S_0 \left(\frac{z}{z_0} \right)^m, \quad m = 0; 1; 2, \quad (5)$$

где: $S(z_0) = S_0$.

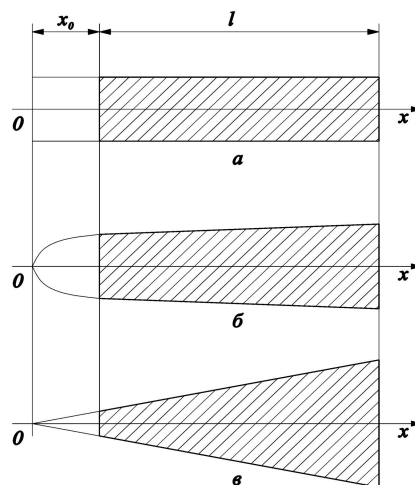


Рис. 1. Продольные сечения стержней-волноводов:

а – цилиндрический; б – параболоид вращения;

в – конический

Fig. 1. Longitudinal sections of bars-waveguides:

а – cylindrical; б – paraboloid of rotation; в – conical

При $m = 0$ имеем цилиндрический стержень-волновод (рис. 1), при $m = 1$ – стержень-волновод в виде параболоида, а при $m = 2$ – конический стержень-волновод.

Одновременно считаем, что поперечное сечение во всех случаях является кругом. Заметим, что задание функции $S(z)$ в ином виде вызывает большие трудности в решении уравнения (2), по крайней мере, делает невозможным получение аналитического вида решения.

Если закон изменения сечения $S(z)$ имеет вид (5), то: $\frac{1}{S(z)} \frac{\partial S(z)}{\partial z} = \frac{m}{z}$ и волновое уравнение (2) принимает вид:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \frac{m}{z} \cdot \frac{\partial u}{\partial z} - \frac{1}{a_0^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = 0. \quad (6)$$

Это линейное волновое уравнение, которое в соответствии с принятым значением числа m принимает следующие представления:

при $m = 0$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial z^2} - \frac{1}{a_0^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = 0, \quad (7)$$

при $m = 1$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \frac{1}{z} \cdot \frac{\partial u}{\partial z} - \frac{1}{a_0^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = 0, \quad (8)$$

при $m = 2$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \frac{2}{z} \cdot \frac{\partial u}{\partial z} - \frac{1}{a_0^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = 0. \quad (9)$$

Общее решение уравнения (7) имеет вид:

$$u(z, t) = f_1\left(t - \frac{z}{a_0}\right) + f_2\left(t + \frac{z}{a_0}\right), \quad (10)$$

где f_1, f_2 – неизвестные пока функции волновых аргументов:

$$t_1^0 = t - \frac{z}{a_0}, \quad (11)$$

$$t_2^0 = t + \frac{z}{a_0}. \quad (12)$$

Волновой аргумент (11) соответствует волнам, движущимся в положительном направлении по Oz . Волновой аргумент (12) соответствует волнам, движущимся в отрицательном направлении по Oz . То есть функция $f_1(t_1^0)$ описывает волны, движущиеся в сторону возрастания z , а функция $f_2(t_2^0)$ описывает волны, движущиеся в сторону убывания z .

Общее решение волнового уравнения (9) для конического стержня ($m = 2$) имеет вид:

$$u(z, t) = \frac{1}{z} [f_1(t_1^0) + f_2(t_2^0)]. \quad (13)$$

Выражения (10), (13) являются достаточно простыми для интерпретации.

Общее решение уравнения (8) для $m = 1$ может быть получено с помощью операционного сечения (преобразования Лапласа):

$$u^2(p, z) = \int_0^\infty e^{-pt} u(z, t) dt, \quad (14)$$

где: p – параметр преобразования (комплексная величина);

u^2 – трансформанта преобразования;

$u(z, t)$ – функция-оригинал.

В результате преобразования по (14) уравнение (8) в области изображений (трансформант) принимает вид:

$$\frac{\partial^2 u^2}{\partial z^2} + \frac{1}{z} \cdot \frac{\partial u^2}{\partial z} - \left(\frac{p}{a_0}\right)^2 u^2 = 0. \quad (15)$$

Уравнение (15) это уже обыкновенное дифференциальное уравнение (уравнение Бесселя), решение которого имеет вид:

$$u^2(p, z) = c_1 \cdot I_0\left(\frac{pz}{a_0}\right) + c_2 \cdot K_0\left(\frac{pz}{a_0}\right), \quad (16)$$

где: c_1, c_2 – постоянные интегрирования;

I_0, K_0 – функции Бесселя I и II рода нулевого порядка.

Для получения решения в области оригиналов $u = u(t, z)$ нужно выполнить обратное преобразование Лапласа трансформанты (16).

Полная математическая постановка задачи определения волнового поля деформации должна включать волновое уравнение (2), начальные и граничные условия.

Начальные условия описывают напряженно-деформируемое состояние стержня (волновода) в начальный момент времени ($t = 0$). Обычно начальные условия можно принять как нулевые, т.е.:

$$t = 0, \quad u(0, z) = 0, \quad \frac{\partial u(0, z)}{\partial t} = 0. \quad (17)$$

Граничные условия описывают взаимодействие волновода с окружающей средой на торцах $z = 0$ и $z = l$. Так, если стержень на конце закреплен жестко, то:

$$z = 0, \quad u(0, t) = 0. \quad (18)$$

Если стержень-волновод на конце $z = l$ свободен, то:

$$z = l, \quad \frac{\partial u(l, t)}{\partial z} = 0. \quad (19)$$

Если стержень нагружен, то:

$$z = l, \quad \frac{\partial u(l, t)}{\partial z} = F(t). \quad (20)$$

Удовлетворяя общее решение волнового уравнения $u = u(z, t)$ начальным и граничным условиям находим решение начально-краевой задачи для волнового уравнения.

Теперь, если функция $u = u(z, t)$ известна, то можно найти усилие в стержне-волноводе:

$$T(z, t) = ES \frac{\partial u(z, t)}{\partial z}, \quad (21)$$

или напряжение:

$$\sigma(z, t) = \frac{T(z, t)}{S}. \quad (22)$$

В ряде практических случаев стержень-волновод может состоять из ряда стержней-волноводов из различных материалов и различной конфигурации [22, 23, 24]. Например, в початке можно выделить три зоны (рис. 2): оболочка, зерно, стержень.

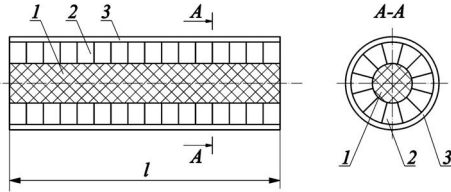


Рис. 2. Схема початка кукурузы:
1 – оболочка; 2 – зерно; 3 – стержень
Fig. 2. Chart of corn-cob:
1 – shell; 2 – grain; 3 – bar

Пусть S_i ($i = 1, 2, 3$) – площади поперечных сечений для i -той зоны; E_i – модули упругости материала зон; ρ_i – плотности материала зон; a_i – скорости распространения продольных волн в i -той зоне.

Динамика каждой i -той зоны описывается уравнениями:

$$\frac{\partial^2 u_i}{\partial t^2} - a_i^2 \frac{\partial^2 u_i}{\partial z^2} = 0, \quad (23)$$

$$a_i = \sqrt{\frac{E_i}{\rho_i}}, \quad (24)$$

где: u_i – продольная деформация i -той зоны.

Динамическое усилие в каждой зоне:

$$T_i(z, t) = E_i S_i \frac{\partial u_i(z, t)}{\partial z}. \quad (25)$$

Введем в рассмотрение эквивалентный стержень из однородного материала с параметрами S, E, ρ, a и длиной l .

Динамику эквивалентного стержня будем описывать волновым уравнением:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = 0, \quad 0 \leq z \leq l, \quad 0 \leq t < \infty, \quad (26)$$

$$T = ES \frac{\partial u}{\partial z}. \quad (27)$$

Очевидно, что усилие в эквивалентном стержне должно быть равным сумме усилий в отдельных волноводах, т.е.:

$$T(z, t) = \sum_{i=1}^3 T_i(z, t). \quad (28)$$

Далее, для продольных деформаций должно выполняться равенство

$$\begin{cases} u(z, t) = u_i(z, t); & i = 1, 2, 3 \\ \frac{\partial u}{\partial z} = \frac{\partial u_i}{\partial z}. \end{cases} \quad (29)$$

Тогда из (28) и (29) следует:

$$E = \frac{1}{S} \sum_{i=1}^3 E_i S_i. \quad (30)$$

Из условия сохранения массы для эквивалентного и составного стержня имеем:

$$\rho = \frac{1}{S} \sum_{i=1}^3 \rho_i S_i. \quad (31)$$

Тогда для скорости волн в эквивалентном однородном стержне получим:

$$a = \sqrt{\frac{E}{\rho}}. \quad (32)$$

С учетом соотношений (30) и (31) из (32) имеем:

$$a = \left[\frac{\sum_{i=1}^3 E_i S_i}{\sum_{i=1}^3 \rho_i S_i} \right]^{1/2}, \quad (33)$$

или:

$$a = \left[\frac{E_1 \frac{S_1}{S} + E_2 \frac{S_2}{S} + E_3 \frac{S_3}{S}}{\rho_1 \frac{S_1}{S} + \rho_2 \frac{S_2}{S} + \rho_3 \frac{S_3}{S}} \right]^{1/2}. \quad (34)$$

Кроме того принимаем, что:

$$S = \sum_{i=1}^3 S_i. \quad (35)$$

Собирая полученные результаты для эквивалентного стержня, запишем их еще раз:

$$\left\{ \begin{array}{l} S = S_1 + S_2 + S_3, \\ \rho = \rho_1 \frac{S_1}{S} + \rho_2 \frac{S_2}{S} + \rho_3 \frac{S_3}{S}, \\ E = E_1 \frac{S_1}{S} + E_2 \frac{S_2}{S} + E_3 \frac{S_3}{S}, \\ a = \left[\frac{E_1 \frac{S_1}{S} + E_2 \frac{S_2}{S} + E_3 \frac{S_3}{S}}{\rho_1 \frac{S_1}{S} + \rho_2 \frac{S_2}{S} + \rho_3 \frac{S_3}{S}} \right]^{1/2}. \end{array} \right. \quad (36)$$

Для такого случая имеем:

$$S_1 = \frac{\pi d_1^2}{4}, \quad S_2 = \frac{\pi(d_2^2 - d_1^2)}{4}, \quad S_3 = \pi d_2 \delta, \quad (37)$$

где: d_1, d_2 – диаметры 1-й и 2-й зоны соответственно;

δ – толщина оболочки.

Таким образом:

$$S = \frac{\pi d_2^2}{4} + \pi d_2 \delta, \quad (38)$$

или:

$$S = \frac{\pi(d_2 + 2\delta)^2}{4} = \frac{\pi d^2}{4}, \quad (39)$$

где: $d = d_2 + 2\delta$.

Тогда:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{S_1}{S} = \left(\frac{d_1}{d} \right)^2, \\ \frac{S_2}{S} = \left(\frac{d_2}{d} \right)^2 - \left(\frac{d_1}{d} \right)^2, \\ \frac{S_3}{S} \approx 4 \frac{\delta}{d}. \end{array} \right. \quad (40)$$

При математической постановке задачи начальные и граничные условия для эквивалентного стержня сохраняются.

ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований получена математическая модель для початка кукурузы как эквивалентного однородного стержня. Рассмотрена деформация початка кукурузы при его отделении от стебля как распространение продольных волн деформации в волноводах. Установлено, что при математической постановке задачи начальные и граничные условия для эквивалентного стержня сохраняются.

ЛИТЕРАТУРА

1. Манжосов В.К., Еремьянц В.Э. 1985. Удар. Распространение волн деформаций в ударных системах. М.: Наука. – 358.
2. Балкаров Р.А. 1985. Обоснование оптимальных параметров кукурузоуборочных агрегатов. В кн.: Повышение производительности тракторных агрегатов. Сборник научных трудов. – М.: Изд. МИИСПа. – 84-86.
3. Бурсиан В.Р. 1927. Волновая механика Шредингера. Основания новой квантовой механики. М.-Л.: Госиздат. – 53-82.
4. Воронюк Б.А. 1970. Физико-механические свойства растений, почв и удобрений. – М.: Колос. – 432.
5. Гребенюк Г.І., Кузенко Д.В., Бондаренко О.В. 1999. Конструктивно-технологічні передумови вдосконалення качановідокремлювальних пристроїв кукурудозбиральних машин. // Вісник аграрної науки Причорномор'я. – Вип. 7. – 133-137.
6. Гребенюк Г.І. 1998. Шляхи розширення технологічних можливостей та ефективності кукурудозбиральних комбайнів. // Вісник аграрної науки Причорномор'я. – Вип. 5. – 116-121.
7. Дейвис Р.М. 1961. Волны напряжений в твердых телах. М. – 140.
8. Ерофеев В.И., Кажаяев В.В., Семерикова Н.П. 2002. Волны в стержнях.

Дисперсия. Диссипация. Нелинейность. М.: Физматлит. – 208.

9. Каргуша П.П., Конопельцев Н.И. 1972. Обоснование параметров и режимов работы початкоотделяющего аппарата очесывающего типа. Тр. Мелитопольского СХИ. Т XVII. Вопросы механизации сельского хозяйства. – 42-45.

10. Касьяненко В.Д., Касьяненко В.В. 1999. Новые средства и способы механизации уборки кукурузы. – К.: Урожай. – 124.

11. Кольский Г. 1955. Волны напряжения в твердых телах. М. – 192.

12. Косевич А.М., Ковалев А.С. 1989. Введение в нелинейную физическую механику. Киев: Наукова думка. – 304.

13. Кононенко А.Ф. 1980. Пути улучшения использования сельскохозяйственной техники. – М.: Колос. – 304.

14. Кузенко Д.В., Бондаренко О.В., Тимошук В.Ю. 2000. Теоретичний аналіз підвищення якісних показників качановідокремлювальних апаратів кукурудзозбиральних машин. // Вісник аграрної науки Причорномор'я. – Вип. 9. – 136-203.

15. Николас Т. 1985. Поведение материалов при высоких скоростях деформации // Динамика удара. М.: Мир. – 198 – 257.

16. Пановко Я.Г. 1985. Механика деформируемого твердого тела: современные концепции, ошибки и парадоксы. М.: Наука. – 288.

17. Сидоренко О. 2005. Метод визначення втрат врожаю сільськогосподарських культур внаслідок несвоєчасного виконання механізованих процесів рослинництва / О. Сидоренко, С. Сенчук, П. Луб, А. Татомир, А. Бурилко // MOTROL. – Т 7. – Одеса. – 86-91.

18. Бондаренко О. 2010. Теоретичне обґрунтування механічної технології відокремлення качанів кукурудзи від стебел інерційними силами / О. Бондаренко // MOTROL. – 12А, – 84-92.

19. Слеттери Дж. 1978. Теория переноса импульса, энергии и массы в сплошных средах / М.: Энергия – 448.

20. Сагомоян А.Я. 1985. Волны напряжения в сплошных средах. М.: МГУ. – 132.

21. Саченко А.И., Игропуло В.С. 1997. О некоторых особенностях исследования процесса движения деформируемого твердого тела под действием силы приложенной к его боковой поверхности // Вестник Ставропольского государственного университета. Ставрополь. – Вып. 11. – 89.

22. Саченко А.И. 2003. Описание ускоренного движения деформируемого твердого тела на основе волновых процессов, возникающих при воздействии постоянной силы на его поверхность (торец) // Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. Серия «Физико-химическая». Ставрополь: СевКавГТУ. – №1(7). – 64-72.

23. Саченко А.И. 2001. Некоторые вопросы кинематики деформируемого твердого тела (на основе детерминированных волновых процессов) // Сборник научных трудов. Серия «Физико-химическая». Ставрополь: СевКавГТУ. – Вып. 4. – 44-47.

24. Саченко А.И. 1998. Некоторые вопросы кинематики деформируемого твердого тела (на основе волновых процессов и с применением случайных функций). Сборник научных трудов. Серия «Физико-химическая». Ставрополь: СевКавГТУ. – Вып. 1. – 63-68.

THEORETICAL RESEARCH OF LONGITUDINAL WAVES OF DEFORMATION IN EAR OF CORN AT HIS DISSOCIATING FROM STEM

Abstract. In the article a mathematical model is presented for a corn-cob as equivalent homogeneous bar.

Key words: corn, ear, mathematical model, waves of deformation, bar-waveguide, equivalent bar.

ВИКОРИСТАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НАВЧАННЯ – ЗАПОРУКА ПІДГОТОВКИ ВИСОКОКВАЛІФІКОВАНИХ СПЕЦІАЛІСТІВ

В'ячеслав Курепін

Миколаївський державний аграрний університет
54000 м. Миколаїв, вул. Крилова 17 а

Анотація. В статті розглядається аналіз педагогічної теорії і практики, дається можливість визначити основні способи і прийоми створення проблемних завдань у процесі навчання і поєднання проблемного підходу з іншими методичними підходами.

Ключевые слова: педагогічна теорія, проблемне завдання, методичні підходи.

Постановка проблеми. В умовах швидкого розвитку науки, техніки цикл оновлення технології в агропромисловому комплексі коротший, ніж термін навчання. Тому проблеми навчального закладу вищої освіти – це перш за все проблеми створення передумов для підготовки кваліфікованих спеціалістів нового типу, всебічно освічених, творчих, які вміють швидко адаптуватись в нових економічних умовах.

Формування професійних навичок майбутніх спеціалістів забезпечують викладачі різних дисциплін, які працюють над їх розвитком, що є не лише носієм певної суми знань, а й здатний вирішувати завдання на достатньому науково-технічному рівні і з відповідним ступенем ризику.

Використання теоретичних та експериментальних завдань викладачами таких дисциплін як «Безпека життєдіяльності», «Основи охорони праці», «Охорона праці в галузі» саме по собі ще не робить навчання проблемним. Все залежить від того, наскільки їм вдається надати цим завданням проблемного характеру і поєднувати проблемний підхід з іншими методичними підходами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемне навчання не є цілком новим педагогічним явищем. Його елементи можна побачити в «євристичних бесідах» Сократа. У минулому з проблемним навчанням пов'язані також такі імена, як Ж. Руссо, Ф.

Дістервег, М. Пирогов, К. Ушинський. Історія проблемного навчання розпочинається з уведення дослідницького методу, більшість правил якого були розроблені Джоном Дьюї, американським педагогом, психологом та філософом. Він запропонував усе навчання побудувати як самостійне вирішення проблем. Дж. Дьюї заснував у 1894 році у Чикаго дослідну школу, у якій навчальний план був замінений ігровою та трудовою діяльністю.

Ґрунтовні дослідження різних аспектів проблемного навчання розпочалися у 60-х роках. Ідея та принципи проблемного навчання у напрямку дослідження психології мислення розроблялися С. Рубінштейном, О. Матюшкіним, а у застосуванні до шкільного навчання М. Скаткіним. Значний внесок в розробку теорії проблемного навчання зробили Т. Кудрявцев, М. Махмутов, І. Лернер, В. Оконь. Серед вітчизняних і зарубіжних дослідників проблемним навчанням займалися В. Дрибан, В. Вергасов, А. Фурман, О. Коваленко, В. Паламарчук, В. Курвітс, Л. Чубарова та багато інших.

Виклад основного матеріалу дослідження. В Національній доктрині розвитку освіти України в XXI столітті зазначається, що освіта "є засобом відтворення й нарощування інтелектуального, духовного потенціалу народу, ... дієвим чинником модернізації суспільства, зміцнення авторитету держави на міжнародній арені". Належне виконання цих завдань можливе за умови модернізації самої освіти, ключовими

позиціями якої мають стати такі принципи, як відродження національно-культурних традицій українського народу, демократизація та гуманізація всього навчально-виховного процесу.

Останнім часом для сучасної освіти характерне застосування технологій, які сприяють:

- індивідуалізації навчання;
- діяльнісній активізації учнів;
- діалоговій взаємодії між викладачем і студентів (педагогіка співробітництва).

Випускники Миколаївського державного аграрного університету працюють в умовах швидкого розвитку науки, техніки, технології. Уже сьогодні цикл оновлення технології в агропромисловому комплексі коротший, ніж термін навчання. Тому проблеми навчального закладу вищій освіти – це перш за все проблеми створення передумов для підготовки кваліфікованих спеціалістів нового типу, всебічно освічених, творчих, які вміють швидко адаптуватись в нових економічних умовах.

Формування професійних навичок майбутніх механізаторів, технологів, енергетиків, аграріїв, менеджерів забезпечують викладачі різних дисциплін, які працюють над розвитком спеціаліста, що є не лише носієм певної суми знань, а й здатний вирішувати завдання на достатньому науково-технічному рівні і з відповідним ступенем ризику.

В своїй діяльності викладачі таких дисциплін як «Безпека життєдіяльності», «Основи охорони праці», «Охорона праці в галузі» віддають перевагу модульній, проблемній, імітаційній технологіям навчання, тобто має місце проблемно-модульний підхід до навчання. Проблемне навчання передбачає послідовні і цілеспрямовані пізнавальні завдання, які майбутні фахівці розв'язують під керівництвом викладача і активно засвоюють нові знання. Використання теоретичних та експериментальних завдань саме пособі ще не робить навчання проблемним. Все залежить від того, наскільки викладачеві

вдається надати цим завданням проблемного характеру і поєднувати проблемний підхід з іншими методичними підходами.

Завдання стає пізнавальною проблемою, якщо воно потребує роздумів над проблемою, викликає у студентів пізнавальний інтерес, спирається на попередній досвід. Як же досягти на занятті усвідомлення студентами суперечності, тобто створити проблемну ситуацію?

Аналіз педагогічної теорії і практики дає можливість визначити основні способи і прийоми створення проблемних ситуацій:

1. Проблемна ситуація створюється в результаті ознайомлення студентів з різними трактуваннями одного і того ж явища, факту тощо.

2. Проблемна ситуація виникає тоді, коли студент стикається з новими практичними умовами використання наявних знань.

3. Умовою для виникнення проблемної ситуації є також суперечність між теоретично можливим способом розв'язання проблеми і практично досягнутим результатом виконання завдання та відсутністю його теоретичного обґрунтування.

Працюючи над впровадженням технології дослідницького навчання, викладачам дисциплін «Безпека життєдіяльності», «Основи охорони праці», «Охорона праці в галузі» слід визначити основні етапи процесу постановки і розв'язання проблеми:

- аналіз ситуації і постановка проблеми;
- побудова гіпотези;
- доведення гіпотези.

Процес аналізу проблемної ситуації і постановка проблеми передбачає насамперед усвідомлення студентами суперечності, тобто бачення проблеми. Щоб її сформулювати, слід виявити несумісні судження, суперечливі інформації і об'єднати їх запитанням, відповідь на яке прояснить цю суперечність. На етапі побудови гіпотези

процес вирішення поставленої проблеми починається з актуалізації наявних знань і досвіду, використання яких у подібних ситуаціях приводило б до успіху. Неможливість вирішення проблеми відомими способами спонукає до формулювання припущення, гіпотези про інші способи її вирішення. Побудова гіпотези – кульмінаційний момент вирішення проблеми, це своєрідний стрибок, перехід від того, що є, до того, чого немає.

Для доведення гіпотези формулюється завдання, яке може мати як теоретичне, так і практичне значення і використовуватись на заняттях чотирьох груп проблемно-пошукових методів:

1. Демонстраційне вирішення проблеми викладачем – показовий проблемний виклад, демонстраційний експеримент;

2. Самостійна проблемно-пошукова діяльність студентів – індивідуальне дослідження, навчальний експеримент вирішення практичних і теоретичних проблем;

3. Колективна проблемно-пошукова діяльність студентів – навчальний диспут, дискусія, колективне дослідження;

4. Спільна проблемно-пошукова діяльність викладача і студентів – дискусія, продуктивний діалог, евристична бесіда, ділова гра.

Основна відмінність проблемного заняття від традиційного полягає в змісті і характері організації викладачем пізнавальної діяльності студентів, яка передбачає особливу взаємодію навчальних проблем, проблемних завдань і запитань. Викладач може обирати один з багатьох імовірних варіантів проблемного навчання до особливостей власної педагогічної діяльності, індивідуальних можливостей студентів, рівня розвитку колективу, групи. Викладачі спеціальних дисциплін застосовують різні методи і прийоми дослідного навчання під час проведення занять різних видів та на різних його етапах. Так як викладачі працюють за модульною системою навчання, то особливого значення набуває

метод усного викладу навчального матеріалу.

З метою кращого сприйняття, усвідомлення та засвоєння навчального матеріалу важливим засобом посилення розумової активності студентів є вмiла постановка проблеми, створення проблемної ситуації, в якій загострюється суперечність між наявними у студентів знаннями, способами дії та новими завданнями, для розв'язання яких набутого досвіду недостатньо. Шляхи вирішення поставленої проблеми розкриває викладач. Але при цьому ставиться цілий ряд запитань або завдань для студентів, що залучає їх до розв'язання проблеми. Шляхом такої лаконічної бесіди викладач з студентами з'ясується відповідь на поставлене завдання. Для того, щоб з'ясувати фактори, які здійснюють вплив на технологічний ефект роботи, викладач знову пропонує розв'язати проблемне завдання, зміст якого включає конкретні показники роботи обладнання. Шукаючи розв'язок ситуації методом аналогії, студенти виявляють причини порушень технологічного процесу, які і є факторами, що на нього впливають. Такий метод вивчення нового матеріалу сприяє активізації розумової діяльності студентів, спонукає до розвитку творчого мислення. У методичному арсеналі викладачів таких дисциплін як «Безпека життєдіяльності», «Основи охорони праці», «Охорона праці в галузі» чільне місце посідають імітаційні технології навчання.

Аналіз і вирішення конкретних виробничих ситуацій є одним із методів, який застосовує кожен викладач практично на кожному занятті, особливо на етапах узагальнення і систематизації та закріплення знань. Застосування такої технології навчання дає можливість сформувати у студентів вміння використовувати набуті знання для вирішення виробничих, в тому числі нестандартних ситуацій.

В змісті завдань конкретних рiзноманiтних ситуацiй одночасно утворюється проблемність прикладного характеру. Будь-яка ситуація і є свого

роду проблема, яка завжди потребує шляхів її вирішення. В даному випадку проблема носить практичний характер, а шлях її розв'язання – теоретичний. Тобто, студент, оперуючи певними теоретичними знаннями, визначає варіанти вирішення проблеми.

Вирішення цього завдання є комплексом для реалізації таких завдань заняття, як розвиток логічного мислення, активізація розумової діяльності студентів, формування у них потреби в навчанні, оскільки демонструється можливість застосування набутих знань, що, в свою чергу, сприяє розвитку інтересу до обраної професії. Сучасний рівень науки і техніки потребує формування і виховання творчо мислячих кваліфікованих фахівців. Сьогоднішньому студенту недостатньо лише поглинання «готової» інформації. Необхідно навчити його самостійно шукати способи розв'язання проблем, пов'язаних з реальними ситуаціями у житті, з майбутньою діяльністю.

Важливу роль тут відіграють ділові ігри, які ми практикуємо, як правило, при проведенні практичних занять.

Ділова гра – метод активного соціального навчання, належить до тренінгів. Особливість цього методу полягає в імпровізованому розіграванні учасниками гри різних ролей у заданій проблемній ситуації.

Ділова гра – це своєрідна система відтворення управлінських процесів, які мали місце в минулому або можливі в майбутньому, в результаті якої встановлюється зв'язок і закономірність взаємодії існуючих методів пошуку рішень на результати виробництва в даний час і на перспективу.

Викладачі дисциплін мають досвід розробки та впровадження в навчальний процес ділових ігор. Так, з дисципліни «Основи охорони праці» практичні заняття з тем «Аналіз причин нещасних випадків на виробництві», «Дослідження виробничого шуму», та інші проводяться у вигляді ділової гри. Вибір такої технології навчання не випадковий, адже забезпечує навчання студентів в діяльності, сприяє організації

колективної діяльності мислення та використання групи як засобу розвитку індивідуальності, розвиває у студентів вміння спілкуватися, мислити, здатність до практичної дії.

В діловій грі синтезуються ознаки методу аналізу конкретних ситуацій і рольових ігор. Так, в діловій грі з теми «Розслідування причин нещасних випадків на виробництві» дисципліни «Охорона праці в галузі» моделюється діяльність власника підприємства, інженера з охорони праці, керівників структурних підрозділів, фахівців підприємства, свідка нещасного випадку, членів комісії з розслідування нещасного випадку, органів державного нагляду з охорони праці. В діловій грі ігровим комплексом є нещасний випадок, який стався на території підприємства. До початку проведення ділової гри студенти вивчають законодавчі акти з охорони праці, нормативні документи, організаційні питання (проведення навчання, інструктажів, контроль за станом охорони праці), а також порядок розслідування та облік нещасних випадків на виробництві. Студенти знайомляться з об'єктом ігрового моделювання, вхідними даними, ігровою ситуацією, функціями учасників гри, правилами і методикою її проведення, а також з системою оцінювання, функціями експертної групи. Далі студентам повідомляється порядок проведення гри:

1. Провести загальний аналіз виробничої ситуації.
2. Встановити причини, які призвели до летального наслідку з урахуванням усіх обставин ситуації.
3. Підготувати варіанти обґрунтування колективного рішення виробничої ситуації.
4. Запропонувати свій варіант заходів, який виключив би повторення подібних ситуацій в майбутньому.
5. Обговорити варіанти прийнятих рішень.

Викладач є керівником гри, який приймає або не приймає запропоновані рішення. Комплексне використання проблемних, імітаційних, модульних

технології навчання сприяє формуванню у студентів вмінь осмислено аналізувати технологічні процеси, виявляти причини випуску нестандартної продукції та розробляти заходи щодо їх усунення, творчо підходити до виконання дипломної роботи.

Докорінні зміни в політичній, соціальній та економічній галузях і викликана ними побудова якісно нової системи національної освіти потребує радикального перегляду її мети, принципів, змісту, які могли б сприяти вихованню освіченої, культурної та професійно здібної особистості.

Науково обґрунтовані інновації у галузі освіти пов'язані з удосконаленням праці викладача. Тому викладачі дисциплін, які допомагають уникнути небезпеки, надзвичайні події, ситуації на виробництві, постійно в пошуку. Ми вивчаємо, досліджуємо сучасні інноваційні технології навчання. В даний час працюємо над розробкою і впровадженням в навчальний процес кейс-методу, адже цей метод дає змогу оцінити ефективність раніше прийнятих управлінських рішень, розвиває підприємницькі навички, сприяє мобілізації всіх отриманих студентами знань для розробки практичних рекомендацій щодо вирішення тієї чи іншої проблеми, яка міститься в ситуаційній задачі, забезпечує синтез теорії з практикою.

Викладачі дисциплін «Основи охорони праці», «Охорона праці в галузі» розробляють кейси на основі діяльності підприємств. Для прикладу беруться базові підприємства, які добре знають студенти, оскільки проходять на них виробничу практику, використовується історія розвитку підприємства, його структура. Розробка кейсу присвячується конкретній події, яка відбулася на підприємстві (наприклад, нещасний випадок, впровадження нової технології, техногенна подія чи природне явище, що спричинили підприємству збитки). Приблизний об'єм кейсу – 4 - 5 сторінок, щоб не було перевантаження студентів інформацією. Технологію навчання за кейс-методом організуємо за методикою:

- «входження» і розуміння ситуації;

- постановка діагнозу, з'ясування можливих причин появи симптомів;

- визначення стратегічних питань і ключових проблем (виявлення справжньої причини);

- вироблення стратегічних альтернатив (пошук варіантів рішень);

- оцінювання і вибір альтернатив (вибір оптимального рішення);

- захист, обґрунтування рішення.

До кожного з цих етапів ставимо відповідні завдання:

- уважно прочитати кейс, ознайомитися із ситуацією;

- виявити проблему;

- узагальнити і проаналізувати інформацію;

- розвинути гіпотези, уточнити проблеми;

- сформулювати альтернативні рішення;

- оцінити альтернативи, скласти перелік переваг і недоліків кожної з альтернатив;

- підтвердити продуктивність рішення, обґрунтувати переваги.

Завдання роздаються студентам завчасно, формуються групи по 3 – 4 особи, які індивідуально обговорюють кейс, виявляють проблему, приймають рішення. На практичному занятті кожна група студентів виступає з власними гіпотезами, в ході дискусії вони оцінюються, зазначаються переваги і недоліки кожної. Викладач виконує роль диспетчера процесу співтворчості – генерує запитання, фіксує відповіді, підтримує дискусію, спрямовуючи її хід на вирішення поставленої проблеми.

Використовуючи інноваційні технології навчання, переконалися, що новітні технології навчання передбачають не просто отримання знань, а творче відношення до них, сприяють формуванню і вихованню освіченого, творчого, професійно здібного кваліфікованого фахівця спроможного вирішувати певні завдання у практичній діяльності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України "Про освіту" // *Голос України* – 1996 – 25 квітня.
2. Ткачук К. Н., Халімовський М. О., Зацарний В. В. та ін. 2006. *Основи охорони праці: Підручник*. – 2-ге вид., допов. і перероб. – К.: Основа., – 444
3. Протоєрейський О. С, Запорожець О. І. 2005. *Охорона праці в галузі: Навч. посіб.* – К.: Книжкове видавництво НАУ, – 268
4. *Основи охорони праці: 2005. Підручник / За ред. проф. В.В.Березуцького* – Х.: Факт, – 480
5. Русаловський А. В. 2009. *Правові та організаційні питання охорони праці: Навч. посіб.* – 4-те вид., допов. і перероб. – К.: Університет «Україна», – 295
6. Третьяков О.В., Зацарний В.В., Безсонний В.Л. 2010. *Охорона праці: Навчальний посібник з тестовим комплексом на CD/ за ред. К.Н. Ткачука*. – К.: Знання, – 167 с + компакт-диск.
7. Гогіташвілі Г. Г., Карчевські Є.-Т., Лапін В. М. 2007. *Управління охороною праці та ризиком за міжнародними стандартами: Навч. посіб.* – К.: Знання, – 367
8. Заплатинський В., Матис Й. 2010. *Безопасность в эру глобализации. Монография.* – ЦУЛ, - 142
9. Літвак С. М., Михайлюк В. О. 2006. *Безпека життєдіяльності. Навч. посібник. Миколаїв. - ТОВ "Компанія ВІД".* — 230
10. Михайлюк В.О. 2005. *Цивільний захист: Навч.посібник. Миколаїв: НУК, – ч.1. Соціальна, техногенна і природна безпека.* – 136
11. Михайлюк В.О., Халмурадов Б.Д. 2008. *Цивільна безпека: Навчальний посібник.* – К.: Центр учбової літератури, - 158
12. Мохняк С.М., Дацько О.С., Козій О.І., Романів А.С., Петрук М.П., Скіра В.В., Васійчук В.О., 2009. *Безпека життєдіяльності. Навчальний посібник. Львів. Видавництво НУ "Львівська політехніка", - 264*
13. Осипенко С.І., Іванов А.В. 2008. *"Організація функціонального навчання у сфері цивільного захисту". Навчальний посібник.* – К., – 286
14. Желібо Є. П., Баранова Н. І., Коваленко В.В. 2005. *Охорона праці в органах державної податкової служби. Навч. посібник для ВНЗ. Ірпінь.*
15. Катренко Л.А., Кіт Ю.В., Пістун І. П. 2009. *Охорона праці. Курс лекцій. Практикум: Навч. посіб.* – Суми: Університетська книга, – 540
16. Кудрявцев В. Т. 2008. *Проблемное обучение: истоки, сущность, перспективы.* — М.: «Знание», — 80
17. Галузинський В.М., Євтух М.Б. 2006. *Педагогіка: теорія і історія* – К.,
18. Вербиций А. А. 2007. *Активное обучение в высшей школе: контекстный подход: Метод. пособие.* — М.: «Высшая школа»,— 207 (О лекции проблемного характера см. с. 104-110).
19. *Розвиток народної освіти і педагогічної думки на Україні / за ред. М.Д. Ярмаченка* – К., 2007.
20. Скаткин М.Н. 2005. *Методология и методика педагогических исследований* – М.,
21. Kishchak I. 2007. *Матеріально-технічне забезпечення кормо виробництва Миколаївської області,* – MOTROL, 9A
22. Bulgakov V., Sidorchuk O. 2011. *Проектування сільськогосподарської техніки, її відповідальність міжнародним вимогам якості, стандартизації і сертифікації,* – MOTROL, 13A

USING INNOVATIVE LEARNING
TECHNOLOGIES - THE KEY TO
TRAINING HIGHLY QUALIFIED
SPECIALISTS.

Abstract. In the article the analysis of educational theory and practice, given the opportunity to identify the main methods and techniques of a problem in learning tasks and problem approach combining with other methodological approaches.

Key words: pedagogical theory, problem tasks, methodological approaches.

РАСЧЕТ ВЕРОЯТНОСТИ ОТКАЗОВ КОНСТРУКТИВНОГО ЭЛЕМЕНТА СБОРНО-РАЗБОРНЫХ ЛЕГКИХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Вячеслав Шибанин, Владимир Богза, Сергей Богданов

Николаевский государственный аграрный университет
54000 г. Николаев, ул. Крылова 17а

Аннотация: В статье рассматривается процесс функционирования элемента легких металлических конструкций, принимая во внимание, что время до полного отказа элемента в процессе работы есть случайная величина X с распределением F , а время существования конструкции в целом есть случайная величина Y с распределением G .

Ключевые слова: вероятность отказа конструкции, среднее значение распределения.

Максимальное удешевление сборно-разборных легких металлических конструкций и работ, связанных с их строительством является приоритетной задачей на современном этапе развития строительной отрасли в Украине. Одновременно с удешевлением конструкций при проектировании нужно помнить об обеспечении их достаточной долговечности и надежности. Одним из эффективных средств решения этой проблемы является внедрение методов теории надежности, которые позволяют более обоснованно нормировать расчетные параметры конструкции и нагрузок на вероятностной основе. Более важным является переход к вероятностного расчета и оценки несущей способности конструкций по основному техническому критерию - вероятности отказа конструкции.

В статье рассматривается процесс функционирования элемента легких металлических конструкций длиной $L = 3l$. Предположим, что время до отказа элемента в процессе работы это случайная величина X с распределением F и что время существования всей конструкции в целом случайная величина Y с распределением G .

Обозначим H через распределение F и G :

$$H(t) = \int_0^t G(t-x) dF(x). \quad (1)$$

Удобно в дальнейшем обозначать через 1 состояние нормального функционирования сборного элемента и через 0 состояние отказа. Пусть $N_{ij}(t)$ обозначает количество попаданий в состояние j в течение интервала $[0; t]$ времени при условии, что в начальный момент времени $t=0$ элемент находится в состоянии i . Найдем сначала $M_{ij}(t)$ - среднее значение величины $N_{ij}(t)$. Заметим, что если элемент в момент времени $t=0$ находится в рабочем состоянии, то среднее число попаданий в рабочее состояние при условии, что первый отказ происходит в момент времени x , равен $M_{01}(t-x)$:

Таким образом,

$$M_{11}(t) = \int_0^t M_{01}(t-x) dF(x). \quad (2)$$

Аналогично, если элементы в момент времени $t=0$ находятся в состоянии отказа, то среднее число попаданий в рабочее состояние запишется:

$$M_{01}(t) = \int_0^t (1 + M_{11}(t-x)) dG(x). \quad (3)$$

Если распределения F и G известны, возможно использовать урав-

нение (2) и (3) для нахождения $M_{11}(t)$ и $M_{01}(t)$.

Один из самых простых путей решения связан с использованием преобразований Лапласа-Стилтьеса.

Преобразование такого типа обозначим через *, т.е.:

$$M_{ij}^*(s) = \int_0^\infty e^{-st} dM_{ij}(t). \quad (4)$$

Тогда можно записать:

$$M_{11}^*(s) = M_{01}^*(s) F^*(s), \quad (5)$$

$$M_{01}^*(s) = G^*(s) + M_{11}^*(s) G^*(s).$$

Последние два уравнения (5) позволяют выразить:

$$M_{11}^*(s) = \frac{F^*(s)G^*(s)}{1 - F^*(s)G^*(s)}, \quad (6)$$

$$M_{01}^*(s) = \frac{G^*(s)}{1 - F^*(s)G^*(s)},$$

Аналогично получим:

$$M_{01}(t) = \int_0^t (1 + M_{00}(t-x)) dF(x), \quad (7)$$

$$M_{00}(t) = \int_0^t M_{10}(t-x) dG(x), \quad (8)$$

откуда снова применяя преобразование Лапласа-Стилтьеса получим:

$$M_{01}^*(s) = \frac{F^*(s)}{1 - F^*(s)G^*(s)}, \quad (9)$$

$$M_{00}^*(s) = \frac{F^*(s)G^*(s)}{1 - F^*(s)G^*(s)}.$$

Обозначим через $P_{ij}(t)$ вероятность того, что элементы находятся в состоянии j в момент t , если при этом в моменты времени $t=0$, элементы находятся в состоянии i .

Таким образом:

$$P_{11}(t) = 1 - P_{10}(t). \quad (10)$$

Аналогичным образом,

$$P_{01}(t) = M_{01}(t) - M_{00}(t) \quad (11)$$

$$P_{00}(t) = 1 - P_{01}(t).$$

Обозначив через X случайное время до отказа, а через Y случайное время восстановления, можно записать:

$$P(N_{10}(t)=k) = P(X+Y_1+X_2+\dots+Y_{k-1}+X_k \leq t) - P(X+Y_1+X_2+\dots+Y_k \leq t) = F \cdot H^{k-1}(t) - F \cdot H^k(t), k \geq 1 \quad (12)$$

$$P(N_{10}(t)=0) = 1 - F(t),$$

Распределение числа отказов конструктивного элемента может быть получено следующим образом. Пусть $W(t, n)$ обозначает вероятность того, что в течение интервала времени t возникнет n или меньше отказов. Тогда:

$$W(t, n) = \sum_{k=0}^n P(N_{10}(t)=k) = 1 - F(t) + \sum_{k=0}^n (F \cdot H^{k-1}(t) - F \cdot H^k(t)) = 1 - F \cdot H^n(t). \quad (13)$$

$$\text{где: } H^n(t) = \begin{cases} 0, & \text{а́ñëè } t < 0; \\ 0, & \text{а́ñëè } t \geq 0. \end{cases}$$

Отсюда определив:

$$W^*(s, n) = \int_0^\infty e^{-st} dt W(t, n),$$

находим:

$$W^*(s, n) = -F^*(s) (H(s))^n. \quad (14)$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Можно записать асимптотические формулы, описывающие существование систем из сборно-разборных элементов для достаточно больших интервалов существования t , в предположении, что распределения F и G не являются решетчатыми:

$$M_{10}(t) = \frac{t}{\mu_1 + \nu_1} - \frac{\mu_1}{\mu_1 - \nu_1} + \frac{l^{(2)}}{2(\mu_1 - \nu_1)^2}, \quad (15)$$

$$M_{11}(t) = \frac{t}{\mu_1 + \nu_1} - 1 + \frac{l^{(2)}}{2(\mu_1 - \nu_1)^2}, \quad (16)$$

$$P_{10}(t) = M_{10}(t) - M_{11}(t) = \frac{\nu_1}{\mu_1 + \nu_1}, \quad (17)$$

где: μ_1 – среднее значение распределения F – распределение времени до отказа элемента в процессе работы.

ν_1 – среднее значение распределения

G – распределения времени существования всей конструкции из сборно-разборных элементов в целом.

$l^{(2)}$ – второй момент распределения H .

ЛИТЕРАТУРА

1. Бараненко В.О. 2002. Генетичні алгоритми в оптимальному проектуванні конструкцій. Огляд. / В.О. Бараненко. // Придніпровська ДАБІА Вісник академії, – №10. – 4-9.
2. Богза В.Г. 2005 Нові типи сільськогосподарських споруд / В.Г. Богза, С. І. Богданов Современные строительные конструкции из металла и древесины: Сборник науч. тр. – Одесса, ООО «Внешрекламасервис». – 4.2. – 4-8.
3. Гнітько О.В. 1998 Розрахунок надійності сталевих статично невизначених конструкцій. Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво) / О.В. Гнітько; Вип. 1 Полт. держ.техн. ун-т ім. Юрія Кондратюка; – Полтава : ПДТУ ім. Юрія Кондратюка,.
4. Зарипов И.Ф. 2005 Легкие металлические конструкции ангаров из гнутых профилей проката. / И.Ф. Зарипов Современные проблемы совершенствования и развития металлических, деревянных, пластмассовых конструкций в строительстве и на транспорте: Сборник научных трудов. – Самара: ООО «СамЛЮКС»,. – 370
5. Набоков И.И. 2002 Расчет и особенности конструирования стволос двугавровых балок составного сечения с максимальными габаритами, осуществляемый в окрестности глобального минимума функции массы с учетом себестоимости И.И. Набоков, Е.П. Лукьяненко // Современные проблемы строительства. – Донецк: ООО «Лебедь», – 80-86.
6. Перельмутер А.В. 1995 Об оценке живучести несущих конструкций. Металлические конструкции. Работы школы профессора Н.С. Стрелецкого / А.В. Перельмутер. – М.: МГСУ,.
7. Пермяков В.О. 2004 Стійкість рам із використанням двотаврів зі змінним перерізом / В.О. Пермяков, С.І. Білик Сб. докл. VIII Укр. Научно-техн. конф. – 41. К.: «Сталь», - 498-503.
8. Пермяков В.А. 2005 Совершенствование расчета на устойчивость и прочность двутавров с переменной высотой стенки как элементов стальных каркасов зданий универсального назначения / В.А. Пермяков, С.И. Билык Современные проблемы совершенствования и развития металлических, деревянных, пластмассовых конструкций в строительстве и на транспорте: Сборник научных трудов. – Самара: ООО «СамЛЮКС»,. – 370.
9. Пічугін С.Ф. 1997 Оцінка надійності статично невизначених конструкцій. / С.Ф. Пічугін, О.В. Гнітько // Проблеми теорії і практики залізобетону. – Полтава,.
10. Пичугин С.Ф., 1994. Метод расчета надежности металлических конструкций. XL Konferencja Naukowa Komitetu Inzynierii Ladoweh I Wodneh Pan I Komitetu Nauki PZITB. – Warszawa: Rzeszow Krynica
11. Прогини і переміщення. Вимоги проектування: ДСТУ Б.В. 1.2: 2006. – К.: Мінбуд України, 2006. – 10
12. Шебанін В.С., Богза В.Г., Цепуріт О.В, 2009 Метод поновлення обмежених пластичних деформацій у розрахунках міцності сталевих стержнів при повторно-змінному навантаженні. Віс-

ник аграрної науки Причорномор'я, Випуск 1, (49) 206-218

13. Богза В.Г., Богданов С.И., 2010. Выбор унифицированного элемента легких металлических арок., // Motrol. Том 12 А,

14. Богза В.Г. 1998 Принципы создания конструктивных форм стальных каркасов облегченного типа из универсальных элементов. // Металеві конструкції, №1 – 61-64.

15. Volodymyr Bulgakov, Stanislav Smolinsky, Janusz Nowak, Wojciech Przystupa 2004 Экспериментальное исследование совершенствованного спирального сепаратора картофельного вороха //Motrol. Том 12 А,

16. Богданов С.И., Богза В.Г., Веремієнко М.О. 2007 Несуча здатність бістале-вих стержнів за межею пружності з врахуванням умов першого та другого граничних станів. // Міжнародний симпозиум «Современные строительные конструкции из металла, дерева и пластмасс»

17. Богданов С.И. 2007 Конструктивні системи у природі і техніці // Міністерство АПК України. Миколаївський ДАУ. Факультет механізації сільського господарства. Тези доповідей «Причорноморської регіональної науково-практичної конференції професорсько-викладацького складу».

18. Sergiey Pastushenko, Oleg Goldshmidt, Stanislaw Sosnowski 2004 The theoretical analysis of seeds dehydration of vegetable cultures on centrifugal devices // Motrol. Том 12 А,

19. Богза В.Г 2006 Математическая статистика та теорія ймовірностей / Шибанін В.С., Веремієнко М.О., Мірошніченко О.А., Богза В.Г., Шибаніна О.В., Цепуріт О.В., Хилько І.І., Богданов С.И., Домаскіна М.А., Романчук Н.О., Шептилевський О.В., Широков В.С. // Миколаїв, 2006.

20. Богза В.Г 2006 Вища математика / Шибанін В.С., Веремієнко М.О., Мірошніченко О.А., Богза В.Г., Шибаніна О.В., Цепуріт О.В., Хилько І.І.,

Богданов С.И., Домаскіна М.А., Романчук Н.О., Шептилевський О.В., Широков В.С. // Миколаїв, 2006.

DISTRIBUTION OF THE NUMBER OF PROBABLE FAILURE RATES COLLAPSIBLE LIGHT METAL STRUCTURES

Abstract. Assignment number of failures of structural element precast sectional light metal structures. This article discusses the process of functioning of the element of light metal structures Considering that the time to failure element in the process is a random variable X with the assignment F , and the lifetime of the structure as a whole is a random variable Y with the assignment G .

Key words: Out design, the average value of the distribution

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЗАДЕЛЫВАЮЩЕГО РАБОЧЕГО ОРГАНА ДЛЯ ПРЯМОГО ПОСЕВА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Елена Лузан, Василий Сало, Петр Лузан, Сергей Лещенко

Кировоградский национальный технический университет
25006, г. Кировоград, пр. Университетский, 8

Аннотация. В статье приведено теоретическое обобщение и новые способы решения научной проблемы технического обеспечения экологически чистых технологий выращивания зерновых культур путем создания эффективных заделывающих рабочих органов посевных машин. Новое решение поставленной задачи нашло отражение и подтверждение в определении основных параметров устройства для отвода стеблей из зоны действия заделывающих рабочих органов.

Ключевые слова: сеялка, заделывающий рабочий орган, прямой посев, посевная секция, no-till, зерновые культуры, растительные остатки, стеблеотвод, технология выращивания, минимальная обработка почвы.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В традиционных технологиях растениеводства при обработке почвы задействовано большое количество сельскохозяйственных агрегатов, воздействие на почву которых ухудшает ее экологическое состояние.

Мировой опыт земледелия доказал, что глубокая ежегодная плужная обработка не только не приносит пользы, но и наносит непоправимый вред, усиливая эрозийные процессы.

Новые системы земледелия mini- и no-till технологии, которые в настоящее время получают широкое распространение, предусматривают отказ от традиционной вспашки и посев при минимальной обработке почвы.

В таких технологиях главной машиной является сеялка, и от ее агроэкологических показателей зависит как качество урожая, так и ее влияние на окружающую среду. Поэтому даже незначительное улучшение этих показателей остается актуальной задачей для машиностроения.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для посева зерновых культур разработано большое количество конструкций заделывающих рабочих органов, обеспечивающих реализацию как традиционных, так и современных технологий их выращивания.

Анализ современных сеялок для прямого посева показывает, что удельная материалоемкость на метр ширины захвата большинства их конструкций составляет больше одной тонны, и дальнейшее увеличение производительности осуществляется во многих случаях за счет увеличения массы.

На наш взгляд, снижение материалоемкости, и как следствие, улучшение агроэкологических показателей, можно достичь за счет применения заделывающих рабочих органов с острым углом вхождения в почву. Их широкое применение ограничивается рядом нерешенных проблем, одной из которых является накопление растительных остатков на их стойках.

Попытки решить данную проблему установкой дополнительных рабочих органов приводит к усложнению конструкции, что не дает желаемого результата.

Разработанная в Кировоградском национальном техническом университете посевная секция к сеялкам для нулевых технологий во время проведения предварительных испытаний показала удовлетворительные результаты. Для установления рациональных параметров устройства для отвода стеблей были проведены теоретические исследования.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является теоретическое обоснование параметров для обеспечения работоспособности и повышение эффективности функционирования заделывающих рабочих органов машин для прямого посева зерновых культур.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Параметры предложенного устройства стеблеотвода (рис. 1) определяли из условий взаимодействия с растительными остатками.

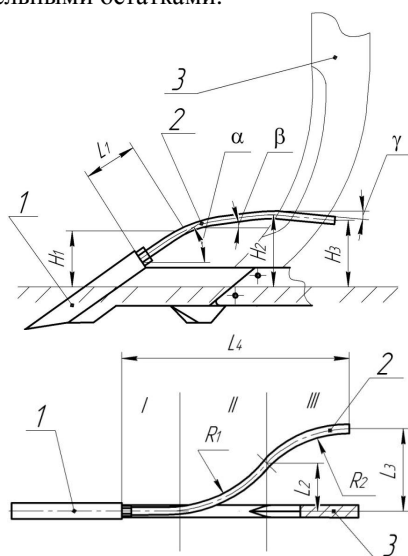


Рис. 1. Основные параметры заделывающего рабочего органа: 1 - долото 2 – устройство для отвода стеблей 3 – стойка

Fig. 1. Basic parameters of covering working body:

1- chisel 2- stem removing device 3- support

Все растительные остатки, находящиеся на поле во время посева, условно разделяли на три типа:

- твердые, имеющие форму близкую к прямолинейной;
- твердые дугообразные и гибкие, свободно лежащие на поверхности почвы;
- гибкие, удерживающиеся в почве корневой системой.

Первый тип при столкновении с сошником разворачивается на некоторый угол, занимает положение вдоль движения посевной секции и практически не препятствует процессу посева [22].

Растительные остатки второго типа после столкновения с устройством для отвода стеблей при условии $F_{11} - F_{12} > F_{22}$ сползают с него, в противном случае начинают движение по нему с некоторой начальной скоростью (рис. 2).

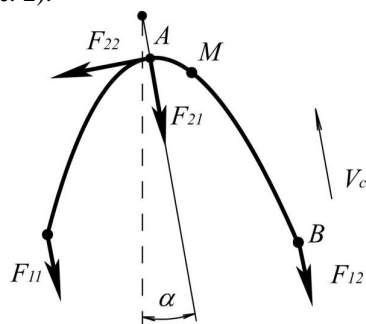


Рис. 2. Схема захвата растительных остатков дугообразной формы устройством для отвода стеблей: F_{11} , F_{12} , F_{22} - силы трения соответственно по поверхности почвы и стержню Fig. 2. The scheme for taking crop residues of bow-shaped form by stem removing body of seed boot: F_{11} , F_{12} , F_{22} - the friction force according to the soil surface and stem

При взаимодействии с растительными остатками третьего типа ситуация практически аналогична предыдущему случаю, только они могут либо остаться в почве, если центр корневой системы находится в стороне от траектории движения, либо подниматься, но практически с нулевой начальной скоростью [21].

Очевидно, что исследовать нужно ситуацию с растительными остатками второго и третьего типов.

Выясним, как высоко самостоятельно смогут подняться по свободному устройству растительные остатки под действием только силы трения о поверхность почвы.

Определим максимальное значение угла φ_i , при котором стебель, имея нулевую начальную скорость, не сможет самостоятельно подниматься (рис. 3). Условия статического равновесия растительных остатков: равенство нулю главного вектора внешних сил, действующих на них, и равенство нулю главного момента внешних сил:

$$\bar{\mathbf{R}}_i^{(e)} = \bar{\mathbf{F}}_{\text{тр}1i} + \bar{\mathbf{F}}_{\text{тр}2i} + \bar{\mathbf{N}}_{1i} + \bar{\mathbf{N}}_{2i} + \bar{\mathbf{P}} = 0, \quad (1)$$

$$\bar{\mathbf{M}}_{B_i}^{(e)} = \bar{\mathbf{B}}_i \bar{\mathbf{A}}_i \times \bar{\mathbf{F}}_{\text{тр}2i} + \bar{\mathbf{B}}_i \bar{\mathbf{A}}_i \times \bar{\mathbf{N}}_{2i} + \bar{\mathbf{B}}_i \bar{\mathbf{C}}_i \times \bar{\mathbf{P}} = 0, \quad (2)$$

где: $\bar{\mathbf{P}}$ – сила веса стебля; m – масса стебля; $\bar{\mathbf{N}}_{1i}, \bar{\mathbf{N}}_{2i}$ – силы реакции поверхности почвы и устройства для отвода стеблей соответственно; $\bar{\mathbf{F}}_{\text{тр}1i}, \bar{\mathbf{F}}_{\text{тр}2i}$ – сила трения i -го стебля, соответственно по поверхности почвы и стеблеотводу, ($F_{\text{тр}1i} = N_{1i} f_1$, $F_{\text{тр}2i} = N_{2i} f_2$).

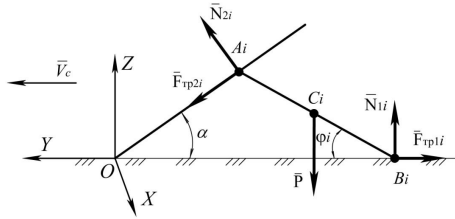


Рис. 3. Схема действия статических сил на стебель в момент его остановки:

$A_i B_i$ – длина стебля; C_i – середина стебля $A_i B_i$; $O A_i$ – стеблеотвод; α – угол наклона стеблеотвода; φ_i – угол наклона стебля к поверхности почвы
Fig. 3. The scheme of functioning of static forces on the stem at the moment of its halt: $A_i B_i$ – length stem; C_i – middle of the stem $A_i B_i$; $O A_i$ – stem removing device; α – the tilting angle of stem removing device; φ_i – the angle of the stem to the soil surface

В проекциях на оси декартовой системы координат $OXYZ$ уравнение (1) примет вид:

$$N_{1i} f_1 - N_{2i} f_2 \cos \alpha - N_{2i} \sin \alpha = 0, \quad (3)$$

$$-N_{2i} f_2 \sin \alpha + N_{1i} + N_{2i} \cos \alpha - mg = 0. \quad (4)$$

Из (3), (4) реакции N_{1i}, N_{2i} :

$$N_{1i} = mg \frac{f_2 + \text{tg} \alpha}{f_1 + f_2 + (1 - f_1 f_2) \text{tg} \alpha}, \quad (5)$$

$$N_{2i} = mg \frac{f_1}{(f_1 + f_2) \cos \alpha + (1 - f_1 f_2) \sin \alpha}. \quad (6)$$

Тогда уравнение (2) запишется:

$$\bar{\mathbf{B}}_i \bar{\mathbf{A}}_i \times (2\bar{\mathbf{F}}_{\text{тр}2i} + 2\bar{\mathbf{N}}_{2i} + \bar{\mathbf{P}}) = 0, \quad (7)$$

или в координатной форме:

$$\begin{aligned} -L \cos \varphi_i (-2f_2 N_{2i} \sin \alpha + 2N_{2i} \cos \alpha - mg) - \\ -L \sin \varphi_i (-2f_2 N_{2i} \cos \alpha - 2N_{2i} \sin \alpha) = 0, \end{aligned} \quad (8)$$

где: L – половина длины стебля.

Из (8) с учетом (5) кут φ_i :

$$\varphi_i = \text{arctg} \frac{f_1 - f_2 - (1 + f_1 f_2) \text{tg} \alpha}{2f_1 (f_2 + \text{tg} \alpha)}. \quad (9)$$

Из уравнения (9) максимальная высота горизонтальной части устройства для отвода стеблей:

$$H_i = \frac{f_1 - f_2 - (1 + f_1 f_2) \text{tg} \alpha \cdot L}{\sqrt{4f_1^2 (f_2 + \text{tg} \alpha)^2 + [f_1 - f_2 - (1 + f_1 f_2) \text{tg} \alpha]^2}}. \quad (10)$$

Расстояние, которое пройдет стебель после столкновения из сошником при максимальном углу его подъема:

$$S = L \cdot (\text{tg} \varphi + \text{ctg} \alpha) \cos \varphi. \quad (11)$$

Стебли будут двигаться по по стеблеотводу под действием некоторой постоянной довольно значительной силы $\bar{\mathbf{F}}$ практически непрерывным потоком с постоянной скоростью V :

$$V = \mu V_c, \quad (12)$$

где: μ – линейная плотность стеблей; V_c – скорость движения сеялки.

Если растительные остатки не сошли с поверхности стеблеотвода при подъеме, то после выхода на горизонтальную часть, т.е. при увеличении поперечной силы сопротивления, они тем более не сойдут. Будем считать, что до выхода растительных остатков на горизонтальную часть стеблеотвода запас силы противодействия поперечному движению равен нулю. Тогда, для отсутствия в дальнейшем поперечного движения растительных остатков, центробежная сила должна быть не больше новой силы противодействующей поперечному движению.

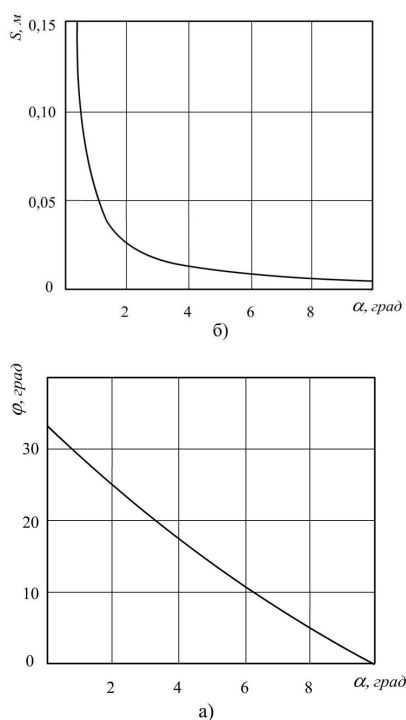


Рис. 4. Зависимость угла поворота стебля $\varphi_i(\alpha)$ (а) и перемещения $S(\alpha)$ (б) при $f_1 = 0,5$, $f_2 = 0,3$

Fig. 4. The dependence of the angle of rotation of the stem $\varphi_i(\alpha)$ (а) and move $S(\alpha)$ (б) at $f_1 = 0,5$, $f_2 = 0,3$

Поперечное движение растительных остатков может произойти только в результате поворота их тяжелой части. Условием удержания растительных остатков на стеблеотводе является:

$$m_b \frac{V^2}{R} < \Delta \bar{F}_{\text{тр}}, \quad (13)$$

где: $\Delta \bar{F}_{\text{тр}} = (f_{2н} - f_{2ст}) \bar{N}$, $\bar{N} = mg$; $f_{2н}$ – новый (усиленный) коэффициент трения при поперечном движении стеблей по стеблеотводу; m_b – масса тяжелой части стебля.

Из (12), (13) получаем нижнее ограничение радиуса кривизны стеблеотвода:

$$R_1 > \frac{\mu^2 V_c^2 m_b}{(f_{2н} - f_2) g m}. \quad (14)$$

При этом растительные остатки должны проходить на безопасном расстоянии от стояка сошника, которое

равно половине усредненного размера растительных остатков при их нахождении на стеблеотводе. Если выше упомянутого не выполнить, то растительные остатки заклинит между сошником и стеблеотводом.

В третьей части решается задача противоположна второму этапу, поэтому здесь форма поперечного сечения стеблеотвода должна быть симметричной к второй части относительно вертикальной плоскости.

ВЫВОДЫ

Из анализа графических зависимостей (рис. 4) и аналитических зависимостей (9) и (10) для различных допустимых значений коэффициентов трения f_1, f_2 можно сделать вывод, что стебли, после вырывания из почвы в результате действия только силы трения практически не поднимаются по устройству для отвода стеблей. То есть их движение осуществляется следующим образом: первое стебло после вырывания из почвы остается у основания сошника. При вырывании второго появляется дополнительная значительная сила, которая превышает силы сопротивления движения по устройству для отвода стеблей предыдущей части растительных остатков и перемещается по нему на расстояние, равное толщине своеобразной порции следующих стеблей.

При этом, растительные остатки второго типа попадая на устройство для отвода стеблей, самостоятельно не смогут подниматься по нему, а находясь между растительными остатками третьего движутся вместе с ними.

ЛИТЕРАТУРА

1. Baker C.J. No-tillage seeding: Science and practice. / C.J. Baker, K.E. Saxton, W.R. Ritchie CAB International, Wallingford, UK, 1996. – 258 p.
2. Epplin F.M. Impacts of Alternative Tillage Methods for Continuous Wheat on Grain, Yield and Economics: Implications for Conservation / F.M. Epplin, G.A. Al-Sakkaf, T.F. Peepers

- // Journal of Soil and Water Conservation, 1994.- P. 394-399.
3. Harman W.L. No-Till Technology: Impacts on Farm Income, Energy Use and Groundwater Depletion in the Plains / W.L. Harman, D.C. Hardin, A.F. Wiese, P.W. Unger and J.T. Musick // Western Journal of Agricultural Economics, 1985.- №1.- P. 134-146.
4. Бараев А.И. Почвозащитное земледелие. Избранные труды. / Бараев А.И.- М.: Агропромиздат, 1988.- 383 с.
5. Гассен Д. Прямой посев - дорога в будущее / Д. Гассен, Ф. Гассен.- Днепропетровск: Корпорация "АгроСоюз", 2004.- 206 с.
6. Гриссо Р. Сошники и диски - пехотинцы посевной [Электронный ресурс] / Р. Бобби, Д. Хольсхаузер, Р. Питмен // Зерно.- 2011.- №9.- С. 142-148.- Режим доступа до журн.: <http://zerno-ua.com>.
7. Заика П.М. Избранные задачи земледельческой механики / П.М. Заика.- К.: Изд-во УСХА, 1992.- 512 с.
8. Зволинский В.Н. Развитие Конструкций зерновых сеялок прямого посева / В.Н. Зволинский, Н.И. Любушко // Тракторы и сельскохозяйственные машины.- 2003.- №7.- С. 28-36.
9. Корн Г.А. Справочник по математике для научных работников и инженеров / Г.А. Корн, Т.М. Корн.- М.: Наука, 1974.- 832 с.
10. Лузан О.Р. Дослідження руху рослинних решток по горизонтальній частині стеблевідводу сошника / О.Р. Лузан, В.М. Сало, В.В. Гончаров, П.Г. Лузан // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: 36. наук. праць.- Кіровоград: КНТУ, 2011.- Вип. 41, (Частина II). С. 49-55.
11. Лузан О.Р. Обгрунтування параметрів посівної секції для прямої сівби зернових культур / О.Р. Лузан, В.М. Сало, П.Г. Лузан, С.М. Лещенко // 36. наук. праць ВНАУ. Серія: Технічні науки.- Вінниця: ВНАУ, 2012.- Вип. 11, Том 2 (66).- С. 217-222.
12. Марченко В.В. Технології і технічні засоби сівби при мінімальному і нульовому обробітку / Марченко В.В., Котко І.Г., Опалко В.Г. // Аграрна техніка та обладнання.- 2009.-№1(6), 03/- С. 20-28.
13. Машины для обробітку ґрунту та сівби / [Кравчук В.І., Мельник Ю.Ф., Шустік Л.П. та ін.] за ред. В.І. Кравчука, Ю.Ф. Мельника.- Дослідницьке: УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого.- 2009.- 228 с.
14. Новатски Д. Консервативное возделывание почвы и оборудование для стерневого посева / Новатски Д., Эшли Р., Хофман В.- NDSU Extension Service, Fargo, North Dakota 58105, ноябрь, 2007.
15. Панічев Р. Стратегії обробітку ґрунту / Р. Панічев // Агросектор (журнал сучасного сільського господарства).- 2007.- № 9(23).-С. 18-22.
16. Посівна секція для сівалок прямого посіву: Пат. 99691 Україна, МПК А01С 7/20 (2006.01) / Сало В.М., Лузан О.Р., Лузан П.Г., Савицький М.І.; заявник і патентовласник Сало В.М.;- № у 2011 14347; заявл. 05.12.2011; опубл. 25.06.2012, Бюл. №12.
17. Сало В.М. Обгрунтування форми стеблепідіймача сошника для прямої сівби зернових культур / В.М. Сало, О.Р. Лузан, С.Я. Гончарова, П.Г. Лузан. Вип. 21.- Том II.- Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛНТУ, 2011.- С. 64-74.
18. Сысолин П.В. Почвообрабатывающие и посевные машины: история, машиностроение, конструирование / Сысолин П.В., Погорелый Л.В.-К.: Феникс, 2005.- 264 с.
19. Сало В.М. Тенденції сталого розвитку сучасного сільськогосподарського машинобудування в Україні і за рубежом [Електронний ресурс] / В.М. Сало, С.І. Шмат, П.Г. Лузан // Международная научно-техническая интернет конференция «Задачи земледельческой механики в XXI веке», 2-10 ноября 2011 г.- Дослідницьке - Мелитополь, 2011.-

С. 61–65.– Режим доступу до збірника доповідей: www.tsaa.org.ua.

20. Шмат С.І. Ресурсозберігаючі технології вирощування сільськогосподарських культур / Шмат С.І., Лузан П.Г., Колісник С.В. // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. праць.- Кіровоград: 2010, Вип. 23, С. 303-309.

21. Yuriy Seleznyov. 2008 : Автоматизация проектирования зубчатых цилиндрических передач приводов сельскохозяйственных машин с использованием программного комплекса на базе MS EXCEL / Yuriy Seleznyov, Gennady Ivanov, Pavlo Polyansky // MOTROL. MOTORYZACJA I ENERGETYKA ROLNICTWA. – LUBLIN – Tom 10 B, 117-123.

22. Anatoliy Yakovenko. 2004 : Моделирование процессов производства органо-минеральных удобрений / Anatoliy Yakovenko, Leonid Doroshenko, Krysztof Plizga // MOTROL. MOTORYZACJA I ENERGETYKA ROLNICTWA. – LUBLIN – Tom 6, 269-273.

JUSTIFICATION OF THE FILLING-UP PARAMETERS OF WORKING BODIES FOR DIRECT SOWING OF CEREAL CROPS

Abstract. The article contains theoretical generalization and new ways of solving the scientific problem of technical provision of ecologically friendly technologies for growing cereal crops through the creation of effective filling-up working bodies of sowing drills. The new decision of the problem put by was reflected and proved in the definition of basic parameters of the device for taking aside the stems from the area of function of the covering working bodies of sowing drills.

Key words: drill, the covering working body, direct sowing, sowing section, no-till, crops, crop residues, stem removing device, growing technology, minimum tillage, seed boot.

АНАЛИЗ ДАЛЬНОСТИ ПОЛЕТА ЧАСТИЦ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В ПОДЛАПОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Виктор Дейкун, Василий Сало, Валерий Гончаров

Кировоградский национальный технический университет
25006, г. Кировоград, пр. Университетский, 8

Аннотация. В статье приведены результаты теоретического исследования процесса транспортирования и распределения гранул минеральных удобрений после отражения от плоскости распределителя в подлаповом пространстве плоскорезущего рабочего органа. Обоснованы геометрические параметры и углы расположения отражающей плоскости.

Ключевые слова: скорость частицы, распределитель, дальность полета, поверхность отражения

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Интенсификация процессов в растениеводстве в настоящее время невозможна без применения значительных доз минеральных удобрений. Существующие же способы внесения, в большинстве случаев, не обеспечивают их эффективного использования растениями, так как, в лучшем случае, равномерно распределяют удобрения по всей глубине заделки в почву. Более эффективным может быть способ внутрипочвенного внесения с использованием лаповых или плоскорезных рабочих органов. В этом случае возникает проблема равномерного распределения удобрений по ширине захвата и, соответственно, по площади.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Решению этой проблемы посвящены исследования и конструкторские разработки многих авторов [1, 2, 3, 4], но большинство из них стремятся обеспечить равномерное распределение удобрений или посевного материала по площади обрабатываемой поверхности за счет конструктивных и других параметров одного элемента в цепи транспортирования их в почву – распределителя. В результате этого существенно возрастает сложность его конструкции, но конечный желаемый результат остается негарантированным.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является обоснование геометрических параметров распределителя, способных обеспечить максимальную дальность полета частиц удобрений в подлаповом пространстве.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Известно, что частицы материала, направляемые в соответствии с заданными траекториями в предусмотренные предварительно зоны поверхности борозды, образованной рабочим органом, при контакте с почвой существенно перераспределяются и смысл традиционного подхода к обеспечению равномерности полностью теряется. Кроме этого, необходимо учитывать то, что для заделки удобрений, в большинстве случаев, используются плоскорезущие (лаповые) рабочие органы. Для нормальной работы, с точки зрения заглубления в почву, их необходимо устанавливать с наклоном вперед под углом до 3^0 . В результате этого дно борозды, которую они образуют, приобретает конические очертания с наклоном к центру. В этом случае становится очевидным, что материал необходимо подавать не равномерно по ширине рабочего органа, а большую его часть направлять на обоснованное расстояние в направлении, перпендикулярном его оси. Численное значение

этого расстояния определяется характером перераспределения гранул в результате контакта с почвой. В процессе скатывания гранул или частиц к центру равномерность распределения будет восстанавливаться.

В связи с этим возникает необходимость решения задачи обеспечения максимальной дальности полета частиц в поперечном направлении с использованием максимально простой геометрии поверхности распределителя. На наш взгляд, такой поверхностью может быть призма (рис.1).

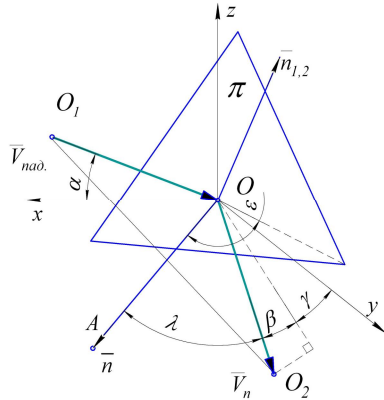


Рис.1. Схема контакта частиц удобрений с плоскостью отражения

Fig.1. Contact circuit particles fertilizers with a reflecting plane

Рассмотрим процесс перемещения гранул удобрений по пути: выход из тукопровода, контакт с распределителем, полет в направлении, поперечном направлению движения рабочего органа.

Компоненты скорости частиц после удара о плоскость π можно определить, составив уравнение их свободного полета в вертикальной плоскости OY_z , где ось OY_z получена в результате поворота оси OY в плоскости OXY на угол γ, в проекциях на оси OY_γ и OZ :

$$m\ddot{y}_\gamma = -k\dot{y}_\gamma; \quad m\ddot{z} = -mg - k\dot{z}. \quad (1)$$

Введя обозначение:

$$\dot{y}_\gamma = v_{y_\gamma}, \quad \dot{z} = v_z, \quad \ddot{y}_\gamma = (v_{y_\gamma})'_t, \quad \ddot{z} = (v_z)'_t \quad (2)$$

решение уравнений (1) можно записать в виде:

$$\ln \left| \frac{v_{y_\gamma}}{C_1} \right| = -\frac{k}{m}t; \quad \ln \left| \frac{g + \frac{k}{m}v_z}{C_2} \right| = -\frac{k}{m}t$$

или

$$v_{y_\gamma} = C_1 e^{-\frac{g}{V_n}t}; \quad v_z = -V_B + C_2 e^{-\frac{g}{V_n}t} \quad (3)$$

где: C_1, C_2 – постоянные интегрирования, которые определяются из начальных условий

$$v_{y_\gamma} \Big|_{t=0} = v_{y_{\pi 0}} = V_{\pi 0} \cos \beta, \quad v_z \Big|_{t=0} = v_{z 0} = V_{\pi 0} \sin \beta \quad (4)$$

$$V_{\pi 0} = V_{\text{пад}} \sin \varepsilon \sqrt{1 + \mu^2 \text{ctg}^2 \varepsilon}. \quad (5)$$

Из (3), (4) получаем

$$C_1 = V_{\pi 0} \cos \beta; \quad C_2 = V_B + V_{\pi 0} \sin \beta. \quad (6)$$

и решения (6) приобретают вид:

$$v_{y_\gamma} = V_{\pi 0} e^{-\frac{g}{V_n}t} \cos \beta;$$

$$v_z = -V_B + (V_B + V_{\pi 0} \sin \beta) e^{-\frac{g}{V_n}t}. \quad (7)$$

Для определения дальности полета нужно знать время полета. Его определяем, решив уравнение для определения скорости v_z . Учитывая (2), первое уравнение в (7) принимает вид:

$$\dot{z}_t = -V_B + (V_B + V_{\pi 0} \sin \beta) e^{-\frac{g}{V_n}t}.$$

Решением этого уравнения является:

$$z = -V_B t - (V_B + V_{\pi 0} \sin \beta) \frac{V_B}{g} e^{-\frac{g}{V_n}t} + C_3,$$

где: C_3 – постоянная интегрирования, которая определяется из начального условия $z = 0$ при $t = 0$:

$$C_3 = (V_B + V_{\pi 0} \sin \beta) \frac{V_B}{g}.$$

С учетом постоянной интегрирования, выражение для определения дальности полета частицы до встречи с препятствием:

$$z = -V_B t + (V_B + V_{\pi 0} \sin \beta) \frac{V_B}{g} \left(1 - e^{-\frac{g}{V_n}t} \right). \quad (8)$$

Отсюда, время полета до встречи с землей является решением уравнения:

$$-V_p t_p + (V_b + V_{\pi 0} \sin \beta) \frac{V_b}{g} \left(1 - e^{-\frac{g}{V_b} t_p} \right) - h_p = 0 \quad (9)$$

где: h_p – высота падения частицы после удара о плоскость.

Изменение горизонтальной координаты точки попадания частицы на землю определится путем решения первого уравнения (7). Учитывая (2), имеем:

$$y = -\frac{V_{\pi 0} V_b}{g} e^{-\frac{g}{V_b} t} \cos \beta + C_4 \quad (10)$$

где: C_4 – постоянная интегрирования.

Постоянная интегрирования C_4 определяется из начального условия $y = 0$ при $t = 0$:

$$C_4 = \frac{V_{\pi 0} V_b}{g} \cos \beta.$$

С учетом постоянной интегрирования C_4 изменение горизонтальной координаты (10) принимает вид:

$$y = \frac{V_{\pi 0} V_b}{g} \left(1 - e^{-\frac{g}{V_b} t} \right) \cos \beta. \quad (11)$$

Подставив в последнюю зависимость время t из (9), получим изменение горизонтальной координаты точки попадания на почву:

$$y_p = \frac{V_{\pi 0} V_b}{g} \left(1 - e^{-\frac{g}{V_b} t_p} \right) \cos \beta. \quad (12)$$

Найдем связь между углами β, γ , (рис. 1) которые задают направление скорости частицы в момент отражения от поверхности π , и углами φ, θ , которые задают положение симметричной относительно координатной плоскости OXZ призмы $ABCO$, где φ – угол, который образует ребра OA с плоскостью OXY ; 2θ – двугранный угол при ребре OA (рис. 2). Указанную связь найдем из условия

$$\bar{n}_1 = \bar{n}. \quad (13)$$

где: \bar{n}_1 – единичный вектор, который является внешней нормалью грани OCA , которая является фактически плоскостью отражения π .

Найдем нормаль \bar{n}_1 к плоскости отражения. Пусть $OA = L$ и плоскость ABC перпендикулярна к OA , тогда из рисунка 1 имеем:

$$\bar{n}_1 = \frac{\overline{OC} \times \overline{OA}}{|\overline{OC} \times \overline{OA}|}. \quad (14)$$

где $\overline{OA} = (-\cos \varphi; 0; \sin \varphi)^T$,

$$\overline{OC} = \frac{1}{\sqrt{\cos^2 \varphi + \sin^2 \varphi \sec^2 \theta}} (-1; \sin \varphi \operatorname{ctg} \theta; 0)^T.$$

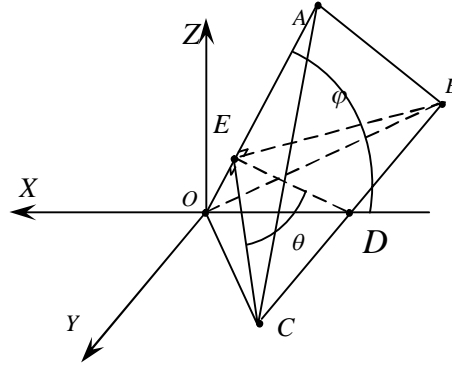


Рис. 2. Взаимосвязь между углами, которые задают направление вектора скорости частицы после отражения от плоскости π , и углами, которые задают положение призмы отражения.

Fig. 2. The relationship between the angles that define the direction of the velocity of the particle after reflection from a plane π , and the angles that define the position of the prism reflection.

Таким образом

$$\overline{OC} \times \overline{OA} = \frac{1}{\sqrt{\cos^2 \varphi + \sin^2 \varphi \sec^2 \theta}} \begin{vmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ -1 & \sin \varphi \operatorname{ctg} \theta & 0 \\ -\cos \varphi & 0 & \sin \varphi \end{vmatrix} =$$

$$= \frac{1}{\sqrt{\operatorname{ctg}^2 \varphi + \sec^2 \theta}} (\sin \varphi \operatorname{ctg} \theta; 1; \cos \varphi \operatorname{ctg} \theta)^T$$

и

$$\bar{n}_1 = (\sin \varphi \sin \theta; \cos \theta; \cos \varphi \sin \theta). \quad (15)$$

Учитывая (15), из равенства (13) имеем

$$\begin{cases} n_y = \cos \theta, \\ n_z = \cos \varphi \sin \theta, \end{cases}$$

где:

$$n_y = \frac{C_{\beta r}}{\sqrt{1+C_{\beta r}^2}} \sin \varepsilon, \quad n_z = \sin \alpha \cos \varepsilon + \frac{\cos \alpha \sin \varepsilon}{\sqrt{1+C_{\beta r}^2}}$$

Таким образом

$$\begin{cases} \theta = 2 \arccos n_y, \\ \varphi = \arccos \frac{n_z}{\sqrt{1-n_y^2}}. \end{cases} \quad (16)$$

Графическая интерпретация полученных аналитических зависимостей с использованием программного обеспечения Mathcad 15 (рис. 3) позволяет провести предварительный анализ.

При условии значений исходных параметров: скорость витания – $V_g = 10$ м/с; высота расположения распределителя над поверхностью дна борозды – $h = 0,05$ м; скорость гранул на выходе с тукопровода – $V_{над.} = 1,7$ м/с; расстояние от выхода с тукопровода к поверхности отражения – $\ell = 0,05$ м; коэффициент возобновления при ударе о препятствие $\mu = 0,9$.

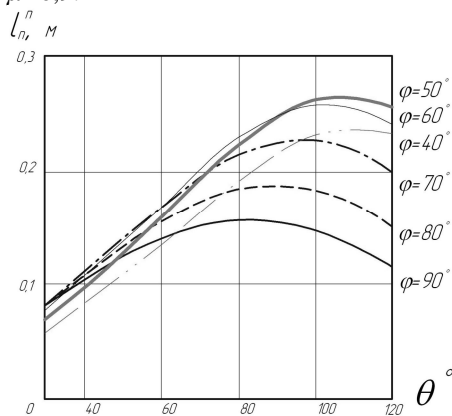


Рис. 3. Зависимость дальности поперечного полета гранул ℓ_n^n от угла θ между гранями распределителя при фиксированном наклоне ребра призмы φ .

Fig. 3. Cross-range dependence on the angle of flight pellets ℓ_n^n between the faces of the distributor θ at a fixed tilt edge of the prism φ .

Так, максимальной дальности полета гранул при фиксированном значении угла φ наклона ребра распределителя можно достичь, если угол между гра-

нями $\theta = 90...110^\circ$ в зависимости от значений угла φ .

Характерным является то, что со снижением значения угла φ от 90° до 50° прогнозируемое значение дальности поперечного полета гранул увеличивается, а последующее снижение значения угла φ обеспечивает его снижение.

ВЫВОДЫ

Полученные зависимости позволяют определять геометрические параметры распределителя для обеспечения заданной дальности полета частиц материала для рабочих органов различной ширины захвата и, с учетом закономерностей перераспределения в результате контакта с почвой, достигать желаемого качественного результата.

ЛІТЕРАТУРА

1. Романишин О.Ю. Сошник для підґрунтового-розкидного способу сівби зернових культур / О.Ю. Романишин, М.Л. Заєць // Зб. наук. пр. ХТУСГ ім. Петра Василенка. – 2007. - № 9. – С. 238-242.
2. Перетяцько А.В. Теоретичське обоснование геометрических параметров направителя-распределителя семян лапового сошника. / С.А. Ивженко, А.Л. Брежнев, А.В. Перетяцько // В кн. Актуальные проблемы сельскохозяйственной науки и образования. Сборник научных работ. – Самара: ФГОУ ВПО Самарская ГСХА, 2005. – С. 96-101.
3. Романюк Г.С. К обоснованию параметров распределительно-высевающего устройства // Совершенствование рабочих органов сельскохозяйственных машин: Сб. н. тр. УСХА. – 1988. С. 48-53.
4. Домрачев В.А., Кем А.А., Михальцов Е.М. Исследование процесса распределения семян в подсошниковом пространстве // Информационные технологии, информационные измерительные системы и приборы в исследовании сельскохозяйственных процес-

- сов. Ч. 1. Матер. регион. науч.-практ. конф. «АГРОИНФО'2000». (Новосибирск, 26-27 октября 200 г.). РАСИИ. Сиб. отд-ние. – Новосибирск, 2000. – 338 с.
5. Ковбаса В.П., Дейкун В.А. Визначення умов розсіювання частинок мінеральних добрив у підлаповому просторі. Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження. – Львів: Львів. Нац. Аграр. Ун-т, 2008. – №12(2) – с.180-1882.
6. Эльсгольц Л.Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление, – М.: Наука, 1969, 424 с.
7. Бутенин Н.В., Лунц Я.Л., Меркин Д.Р. Курс теоретической механики. Т.2. М.: Наука, 1985.- 496 с.
8. Mihail Erohin. 2008 : Автоматизация проектирования зубчатых цилиндрических передач приводов сельскохозяйственных машин с использованием программного комплекса на базе MS EXCEL / Mihail Erohin, Alexandr Samoylenko // MOTROL. MOTORYZACJA I ENERGETYKA ROLNICTWA. – LUBLIN – Том 10 В, 147-155.
9. Volodymyr Dyduh. 2004 : Моделирование процессов производства органо-минеральных удобрений / Volodymyr Dyduh, Vasyliy Sacyuk, Yuriy Cysh, Stanislaw Sosnowski // MOTROL. MOTORYZACJA I ENERGETYKA ROLNICTWA. – LUBLIN – Том 6, 74-82.
10. Бутенин Н.В., Лунц Я.Л., Меркин Д.Р. Курс теоретической механики. Т.2. М.: Наука, 1985.- 496 с.
11. В.П. Ковбаса В.А. Дейкун. Визначення траєкторії руху частинки за заданого кінематичного режиму. Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження. – Львів: Львів. Нац. Аграр. Ун-т, 2008. – №12(2) – с.539-551
12. Гіліс М.Б. Локальне внесення добрив / М.Б. Гіліс. –К.: УАСГН, 1962.–192 с.
13. Грицун А.Т. Локально-ленточное внесение основной дозы минеральных удобрений под сою. / Грицун А.Т. // Сельскохозяйственные машины и орудия. – Вып. 6.–М.: ЦНИИТЭИ тракторосельхозмаш, 1982.
14. Дауренбеков Т. Исследование процесса подпочвенного внесения минеральных удобрений распределителем шнекового типа при глубокой безотвальной обработке почвы и выбор его оптимальных параметров и режимов работы: автореф. дис. на соискание учен. степени канд. техн. наук. / Т. Дауренбеков. – Алма-Ата, 1970. – 24 с.
15. Зирянов В.О. Рівномірність розміщення насіння та рослин на площі при сівбі зернотрав'яними сівалками. / В.О. Зирянов, В.І. Саченко // Механізація та електрифікація сільського господарства. – 2001. – Вип. 85. –С. 11-19.
16. Новиков В.Э., Резников Б.И. Внутрипочвенное внесение минеральных удобрений комбинированными рабочими органами плоскореза. / В.Э. Новиков, Б.И. Резников // Научно-технический бюллетень ВИМ. Вып. 48. – С. 24–26.
17. Новицкий Л.А. Расчет параметров рассеивающего устройства сошника сплошного посева. / Л.А. Новицкий // Ученые записки (Петрозаводский университет. – Т. 13; Вып. 2. – Петрозаводск, 1965.– С. 206–209.
18. О.Ю. Романишин, М.Л. Заєць, В.А. Дейкун. Результати досліджень ефективності суцільної сівби зернових культур. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин / КНТУ, 2006, вип. 36, 1 – с. 171-174.
19. Прохоров А.А. Исследование технологического процесса внесения минеральных удобрений при безотвальной обработке почвы: автореф. дис. на соискание учен. степени канд. техн. наук. / А.А. Прохоров. – Саратов, 1970. – 21 с.
20. Резников Б.И. Построение отражающей поверхности тукораспределителя. /Б.И. Резников // Научно-технический бюллетень ВИМ. – Вып. 52. – 1982. – С.15–17.

21. Сало В.М., Дейкун В.А., Васильковський О.М. Експериментальні дослідження процесу розсіювання туків конічним робочим органом. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин / КДТУ, 2004, вип. 34, 1 – с. 96-101.

22. Стоянов П.Т. Обоснование формы и параметров распределительных устройств сошников для сплошного (безрядкового) посева зерновых. / П.Т. Стоянов // Доклады МИИСП. – Т.15; Вып.1; Ч.1.– М., 1970. – С. 22–30

**AN ANALYSIS OF DISTANCE OF
FLIGHT OF PARTICLES OF
MINERAL FERTILIZERS IS IN
SUBPAW SPACE**

Abstract. In the article the results of theoretical research of process of portage and distributing of granules of mineral fertilizers are resulted after a reflection from the plane of reflection in sub paw space of trivial cutting of working organ. Geometrical parameters and corners of location of reflecting plane are grounded.

Key words: speed of particle, distributor, distance of flight, surface of reflection

КОМПЕТЕНТНОСТНЫЙ ПОДХОД КАК УСЛОВИЕ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ В ПОДГОТОВКЕ БУДУЩЕГО ИНЖЕНЕРА - ПЕДАГОГА

Людмила Комиссарова

Николаевский национальный аграрный университет
54030, г. Николаев, ул. Крылова, 17 а

Аннотация. В статье приведено и рассмотрено проблему формирования и развития технологической культуры инженеров - педагогов как целостного процесса.

Ключевые слова. Компетентность, педагогическая культура, технологическая культура.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Новые требования к уровню подготовки будущих квалифицированных рабочих выдвигают и новые требования к профессиональной компетентности инженера - педагога, развития его технологической культуры [27].

Рассмотрим сущность понятий «компетентность», «компетентный», «компетенции», «профессионализм», которые определяют суть компетентностного подхода к развитию технологической культуры будущего инженера - педагога [28].

В педагогической энциклопедии определяется, что «компетентность» это мера соответствия знаний, умений и опыта личности соответствующего социально-профессионального статуса реальному уровню сложности задач, выполняемых и решаемых проблем [19].

Понятие компетентный (от лат. Competens - надлежащий, соответствующий) определяется как опытный, знающий в проблеме, профессии, определенном вопросе [9].

Под «компетенцией» понимается отчужденная от субъекта, заранее задана социальная норма (требование) к образовательной подготовке ученика, необходимой для его качественной продуктивной деятельности в определенной сфере [9].

Нормативные требования к компетенциям закладываются на разных этапах и уровнях формирования содержа-

ния технологической культуры инженера - педагога.

Формирование и развитие технологической культуры обучения рассматривается как целостный процесс личностного и профессионального роста, дальнейшее развитие его профессионализма, который способствует успеху в профессионально-педагогической деятельности. Базовой основой профессионально-педагогической деятельности инженера - педагога есть конкретные знания и умения, которые регламентируются квалификационными требованиями.

Таким образом, технологическая культура инженера - педагога должна учитывать все направления профессионально-педагогической деятельности мастера производственного обучения и направлена на развитие творческих способностей личности ученика профессионально-технических учебных [26].

АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Состояние технологической культуры мастеров производственного обучения профессионально - технических учебных заведений сегодня не отвечает практическим требованиям. Технологическую культуру невозможно исследовать без ее составляющих: педагогическая шаров тура, профессиональная культура, технология и другие. Понятие «педагогическая культура» давно

вошло в практику педагогической деятельности, а целостное теоретическое изучение ее рассматривалось в трудах С.И. Архангельского, А.В. Барабанщикова, Е.В. Бондаревской, Н.В. Кузьмина, В.А. Сластьониной. Они считают, что носителями педагогической культуры являются лица, занимающиеся педагогической деятельностью.

Главной ценностью педагогической культуры является ученик, его развитие, образование, воспитание и социальную защиту. [16] Понятие «педагогическая культура» определяется с гуманистических позиций, так как она, по мнению Н.О. Моревой, с одной стороны выполняет функции сохранения, стимулирования, развития человеческой культуры в целом, а с другой - стимулирует индивидуальный саморазвитие. [16]. Технологическую культуру, считает В.О. Радкевич, необходимо рассматривать как составную профессионального образования, в структуру которой входят знания основ педагогики и психологии, профессии, учебной дисциплины, методик их изучения умение синтезировать научное знание, отбирать и структурировать содержание образования, анализировать профессионально- педагогические ситуации, решать педагогические и производственные задания и т.п. [22].

Важными признаками технологической культуры исследователи считают систему способов и приемов технологий обучения и воспитания; динамическую систему педагогических ценностей, технологических умений (педагогическая техника и образовательные технологии), творческую индивидуальность педагога (И. Исаев) индивидуально-творческий стиль педагогической деятельности (В. Сластьонин) творческую деятельность на эмоционально-нравственном уровне, сформирован технологический мировоззрение (В. Симоненко) логику профессионального поведения, опыт креативной деятельности (М. Левина). Проблемы формирования технологической культуры личности в процессе профессио-

нальной подготовки рассматривались в работах С.Я. Батишева, А.П. Биляевой, П.Р. Атутова, В.О. Скакуна, в технологической образовании В.Д. Симоненко, М.Б. Павловой; учебно-познавательной деятельности П.Я. Гальперин, А.Н. Леонтева, П.П. Блонского, Л.С. Выготского, Ю.К. Василева, М.Н. Скаткина; психологическая теория личности педагога и ученика рассматривается в трудах В.Г. Ананьева, Л.С. Выготского, С.И. Рубинштейна; в профессионально-технической подготовке - В.В. Чебишевой, И.Н. Мошков, С.Л. Малова и др.

Целью данной статьи является исследование условий развития технологической культуры будущих инженеров – педагогов.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Рассмотрим более подробно содержание технологической культуры. Формирование и развитие технологической культуры инженеров - педагогов рассматривается как целостный процесс.

Анализ квалификационной характеристики и содержания функциональных обязанностей и основных задач инженера - педагога в ПТУ позволяет определить основные компоненты его деятельности, и является содержанием технологической культуры. В будущих инженеров - педагогов необходимо развивать методическую компетентность.

Прежде чем определить содержание методической компетентности мастера производственного обучения, рассмотрим понятие «методика», «методика учебного предмета», «методика профессионального обучения».

Методика, как учебный предмет, зародилась в системе профессионального образования учителей школ и представляла собой учебный курс, раскрывающий опыт преподавания разделов учебного материала отдельных учебных предметов. Методика учебного предмета тесно связана с дидакти-

кой и опирается на общие его положения, а основываясь на принципах обучения, раскрывает цели предмета и его значение для развития обучающихся. Методическая система учебных воздействий воплощается в содержание профессионально-технического образования, который раскрывается в учебных программах и реализуется в методах, средствах и организационных формах в нашем случае производственного обучения и производственной практики учащихся ПТУ швейного профиля [9, с.495].

Методика профессионального обучения на начальном этапе возникла как учебный предмет, в котором непосредственно эмпирический опыт преподавания той или иной дисциплины, описание подходов преподавания отдельных тем и разделов соответствующих дисциплин.

Время, под «методикой производственного обучения» понимают закономерности процесса производственного обучения и производственной практики. В педагогической литературе рассматриваются общие и частные методики по производственному обучению.

Основными задачами методической компетенции инженера - педагога являются:

- методическое обеспечение программ развития профессионально-технических учебных заведений;
- планирование учебно-воспитательного процесса в ПТУ;
- совершенствование содержания, организационных форм и методов обучения;
- совершенствование профессиональной и педагогического мастерства
- информационное обеспечение инженера - педагога с профессиональной, психолого-педагогической и профессионально-практической подготовкой;
- изучение и внедрение передовых педагогических и производственных опытов;
- обеспечение интеграции учебного процесса современной науки и практики;

- организационно-методическая помощь в развитии педагогического творчества, осуществления экспериментально-исследовательской работы;
- саморазвитие и самосовершенствование инженера - педагога;
- овладение эффективными методиками организации и проведения производственного обучения и производственной практики.

Особое место среди составляющих технологической культуры занимает профессиональное (специальное) компетентность. Профессиональная культура за С.Я. Батишевым это социально-профессиональное качество субъекта труда [3].

Главной целью подготовки будущих инженеров - педагогов является получение высокой квалификации, знаний методической работы, знаний педагогики, а также овладевать современными технологиями производства.

А потому, профессиональную (профессиональную) составляющую технологической культуры инженера - педагога мы рассматриваем как специальную и практическую.

Специальная составляющая (рис.1.1) призвана обеспечивать интегрированную систему знаний по предметам обще профессиональной и профессионально-теоретической подготовок

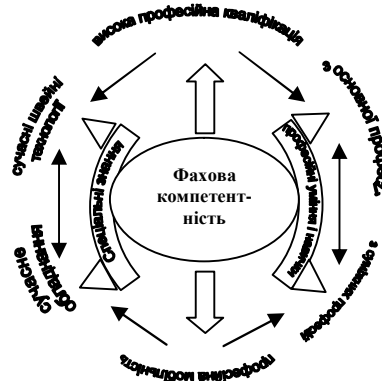


Рис.1. Составляющие профессиональной культуры инженера - педагога.

Fig. 1. Constituents of professional culture of engineer – teacher

Практическая составляющая требует наличия у инженера - педагога высокой профессиональной квалификации.

Профессионализм работника, отмечает С.Я. Батишев, предусматривает быстрое приспособление к новым условиям и требованиям производства [3].

Для того, чтобы уровень технологической культуры будущих инженеров - педагогов был высоким, им необходимо овладеть научной теорией, системой знаний о закономерностях развития профессиональной культуры, основами обучения, изучения производственных процессов, обладать соответствующей технической и технологической терминологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексюк А. М. Педагогіка вищої освіти України : Історія. Теорія : підручник / А. М. Алексюк. – К. : Либідь, 1998. – 206 с.
2. Бабанский Ю. К. Интенсификация процесса обучения / Ю. К. Бабанский. – М. : Знание, 1987. – 78 с.
3. Батышев С. Я. Профессиональная педагогика : учебник для студентов, обучающихся по пед. специальностям и направлениям / [С. Я. Батышев, М. В. Яковлева, В. А. Скандии, О. Б. Ховов, В. О. Кутьев, Н. В. Замосковная] ; под. ред. С. Я. Батышева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Ассоц. „Профессиональное образование”, 1999. – 904 с.
4. Беляева А. П. Дидактические принципы профессиональной подготовки в профтехучилищах : метод. пособие / Антонина Павловна Беляева. – М. : Высш. шк., 1991. – 208 с.
5. Бендера І. М. Мотивація індивідуальної самостійної роботи студентів / І. М. Бендера // Дидактика професійної школи : зб. наук. пр. / [редкол.: С. У. Гончаренко (голова), В. О. Радкевич, І. Є. Каньковський (заст. голови) та ін.]. – Хмельницький, 2005. – Вип. 3. – С. 158–163.
6. Боголюбова И. А. Формирование технологической культуры будущих инженеров: на примере изучения физики : дисс. ... канд. пед. наук : 13.00.08 / Ирина Анатольевна Боголюбова ; ГОУ ВПО „Северо-Кавказский государственный технический университет”. – Ставрополь, 2008. – 198 с.
7. Гончаренко С. У. Методика як наука / Семен Устимович Гончаренко. – Хмельницький : ХГКП, 2001. – 30 с.
8. Гуревич Р. С. Теорія і практика навчання в професійно-технічних закладах : монографія / Роман Семенович Гуревич. – Вінниця : Вінниця, 2008. – 410 с.
9. Енциклопедія освіти / АПН України ; голов. ред. В. Г. Кремень ; [заст. голов. ред.: О. Я. Савченко, В. П. Андрущенко]. – К. : Юрінком Інтер, 2008. – 1040 с.
10. Зеер Э. Ф. Психология профессионального образования : учеб. пособие / Эвальд Фридрихович Зеер. – Екатеринбург : Урал. гос. проф.-пед. ун-т, 2000. – 397 с.
11. Зимняя И. А. Ключевые компетенции – новая парадигма результатов образования / И. А. Зимняя // Высш. образование сегодня. – 2003. – № 5. – С. 34–42.
12. Исаев И. Ф. Профессионально-педагогическая культура преподавателей : учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений / Илья Федорович Исаев. – М. : Академия, 2002. – 208 с.
13. Концепція розвитку системи підвищення кваліфікації працівників на період до 2010 року [Електронний ресурс] : схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 20 берез. 2006 р. № 158. – Електрон. дані. – К., 2006. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/158-2006-%D1%80>. – Назва з екрана.
14. Лернер И. Я. Дидактическая система методов обучения / И. Я. Лернер. – М. : Знание, 1976. – 63 с.
15. Молчан Л. Л. Культура профессионально-педагогической деятельно-

- сти / Л. Л. Молчан. – М. : РАПО, 1999. – 95 с.
16. Морева Н. А. Основы педагогического мастерства. Практикум : [учеб. пособие для вузов] / Н. А. Морева. – М. : Просвещение, 2006. – 320 с.
17. Мошкова И. Н. Психология производственного обучения : метод. пособие / И. Н. Мошкова, С. Л. Малов. – М. : Высш. шк., 1990. – 207 с.
18. Ничкало Н. Г. Перспективи розвитку професійної освіти і проблеми підготовки педагогів нової генерації / Нелля Григорівна Ничкало // Педагог професійної школи : зб. наук. пр. / [редкол.: Н. Г. Ничкало (голова) та ін. ; упоряд.: Н. Г. Ничкало, О. І. Щербак]. – К., 2003. – Вип. 5. – С. 4–12
19. Педагогика : большая современная энциклопедия / сост. Е. С. Рапацевич. – Мн. : Современное слово, 2005. – 719 с.
20. Педагогічна майстерність : підруч. для студ. вищ. пед. навч. закл. / [І. А. Зязюн, Л. В. Крамущенко, І. Ф. Кривонос та ін.] ; за ред. І. А. Зязюна. – 3-тє вид., переробл. – К. : А. М. Богданова, 2008. – 376 с.
21. Про вищу освіту [Електронний ресурс] : Закон України від 17 січ. 2002 р. № 2984-III : [станом на 18.09.2012 р.]. – Електрон. дані. – К., 2012. – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/2984-14/page>. – Назва з екрана.
22. Радкевич В. О. Теоретичні і методичні засади професійного навчання у закладах профтехосвіти художнього профілю : монографія / В. О. Радкевич ; [за ред. Н. Г. Ничкало]. – К. : УкрІНТЕІ. – 424 с.
23. Симоненко В. Д. Основы технологической культуры / Виктор Дмитриевич Симоненко. – Брянск : Изд-во Брянского гос. пед. ун-та, 1998. – 281 с.
24. Слостенин В. А. Формирование профессиональной культуры учителя : учеб. пособие / Виталий Александрович Слостенин. – М. : Прометей, 1993. – 17 с.
25. Скакун В. А. Методическое пособие для преподавателей специальных и общетехнических предметов профессиональных учебных заведений / Владислав Александрович Скакун. – М. : ИППО, 2001. – 288 с. 7 с.
26. Karine Gorbunova. Формирование деловой активности у учащихся профессионально-технических учебных заведениях в процессе теоретического и производственного обучения / Karine Gorbunova, Victor Mozgovoj // MOTROL. MOTORYZACJA I ENERGETYKA ROLNICTWA. – LUBLIN – Tom 10 B, 96 – 102.
27. Alevtina Kiktenko. Место инженера-педагога в современном мире // MOTROL. MOTORYZACJA I ENERGETYKA ROLNICTWA. – LUBLIN – Tom 13 A, 99 – 106.
28. Svetlana Litvinchuk. Модульно-компетентнісний підхід до навчання у вищій школі мире // MOTROL. MOTORYZACJA I ENERGETYKA ROLNICTWA. – LUBLIN – Tom 13 A, 91-98.

COMPETENCE APPROACH AS A CONDITION OF TECHNOLOGICAL CULTURE TO FUTURE ENGINEERS - TEACHERS

Abstract. The problem of the formation and development of technological culture engineers - teachers as a holistic process is considered in the article.

Key words: competence, pedagogical culture, technological culture.

ПЕРСОНАЛЬНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ СРЕДА КАК СРЕДСТВО ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ В УНИВЕРСИТЕТАХ

Александр Самойленко

Николаевский национальный университет им. В.А. Сухомлинского

Аннотация. В статье рассматривается персональная образовательная среда как средство дистанционного обучения будущих специалистов в университетах. Описывается понятие дистанционного обучения и технологии дистанционного обучения, понятие персональной образовательной среды. Также, в статье очерчены признаки технологии дистанционного обучения, представлена структура персональной образовательной среды, способы представления учебно-методических материалов в персональной образовательной среде.

Ключевые слова: дистанционное обучение, технология дистанционного обучения, педагогические технологии дистанционного обучения, персональная образовательная среда.

ВВЕДЕНИЕ

Дистанционная форма обучения все увереннее заявляет о себе, особенно в высшем образовании. В течение последних пяти лет дистанционная форма обучения является демократичной экономически выгодной формой обучения по сравнению с очной. Это форма обучения, при помощи которой любой человек при сравнительно небольших материальных затратах может получить профессию, повысить квалификацию, переориентироваться в профессиональной деятельности, дополнить свое образование новыми областями знаний и т.д. Однако, при всей привлекательности новой формы обучения для ее становления и развития необходима полная методическая и материально-техническая база.

Методическая база представляет собой комплекс методической литературы по использованию технологий дистанционного обучения.

Материально-техническая база обеспечивает потенциал, позволяющий осуществить учебный процесс в условиях применения дистанционных технологий.

Под дистанционным обучением, ибо в настоящее время можно встретить самые разные трактовки данного понятия. Сюда относят и любые формы

самообразования, и заочное обучение, и экстернат.

Изменения, происходящие в повседневной жизни, заставляют личность совершенствовать свои знания не только в процессе получения высшего образования, но и в течение жизни. Становится актуальным вопрос о непрерывности образования. Непрерывность выступает в современном культурно-образовательном контексте как идея, принцип обучения, качество образовательного процесса, условие становления человека. За последние десятилетия кардинально изменилась система генерации и передачи знаний, а их объем многократно возрос. Сегодня невозможно за один фиксированный период, протяженностью 5 или 6 лет, подготовить профессионала на всю жизнь. В условиях ежегодного обновления 5% теоретических и 20% профессиональных знаний необходима среда обучения студентов в университетах, которая позволит систематически обновлять учебный материал и обеспечивать его упорядоченность и доступность в последипломном образовании. Такой средой может быть персональная образовательная среда преподавателя, основанная на технологиях дистанционного обучения.

ИЗЛОЖЕНИЕ МАТЕРИАЛА

Понятие дистанционности применимо к той форме обучения, в которой преподаватель и учащиеся разделены между собой расстоянием, что и привносит в учебный процесс специфические формы взаимодействия. Дистанционная форма - это не аналог заочной формы обучения, ибо здесь предусматривается, в отличие от заочной формы, постоянный, систематический контакт с преподавателем, с другими учащимися в кибераудитории. В этой системе так же, как и в других образовательных системах предусматривается наличие всех компонентов (цели, задачи, содержание, методы, организационные формы, средства обучения), но реализуются они специфическими средствами Интернет-технологий, принципиально отличающимися от тех, которые используются в системе заочного обучения. И это важно для понимания педагогической сущности дистанционного обучения, чтобы не свести его по аналогии с заочной формой лишь к смене форм транспортировки учебных материалов [9,10].

По мнению Е. Полат дистанционное обучение - это новая форма обучения, которая уже существует наряду с очной формой, заочной и экстернатом. И рассматриваться она должна именно как самостоятельная система обучения. Какая бы форма не использовалась при обучении и воспитании человека, она должна соответствовать и отражать общие закономерности науки педагогики, педагогической психологии, закономерности дидактики и частных методик [10].

Под дистанционным образованием понимают комплекс образовательных услуг, в котором студенты и преподаватели имеют пространственную и / или временную отдаленность друг от друга и от аудиторных средств обучения, а учебный процесс основывается на дистанционных и информационных технологиях. Дистанционное образование сочетает в себе элементы классиче-

ского образования и технологии дистанционного обучения.

В. Олейник под технологиями дистанционного обучения понимает открытую разветвленную систему дидактических и информационно-коммуникационных технологий, созданных за счет сочетания нужных форм, методов и средств обучения с целью получения наивысшего качества, которые используются для разработки системных дистанционных курсов или их модулей и реализации учебного процесса и управления им [2,7,8].

Технологии дистанционного обучения состоят из педагогических и информационных технологий дистанционного обучения. Педагогические технологии дистанционного обучения - это технологии непосредственно активного общения преподавателей со студентами при помощи телекоммуникационной связи на основе методологии индивидуальной работы студентов со структурированным учебным материалом, представленным в электронном виде. Информационные технологии дистанционного обучения - это технологии создания, передачи и хранения учебных материалов, организации и сопровождения учебного процесса дистанционного обучения с помощью телекоммуникационной связи [6].

Мы рассматриваем технологию дистанционного обучения как совокупность форм, методов и средств передачи информации в процессе обучения на основе информационно-коммуникативных технологий, при котором можно наблюдать качественное изменение объекта. Следовательно, используя технологии дистанционного обучения, важно так организовать учебный процесс, чтобы у студентов была возможность:

- получать необходимые фундаментальные знания, осмысливая их таким образом, чтобы использовать для решения конкретных познавательных или практических проблем;
- обсуждать проблемы, возникающие в процессе познавательной

деятельности со своими партнерами, в том числе и с зарубежными;

- работать с дополнительными источниками информации, необходимыми для решения поставленной познавательной задачи;

- вести наблюдения, ставить самостоятельные опыты, используя, помимо прочего, разнообразные, доступные им Интернет-технологии для осмысления приобретаемых знаний, решения возникающих проблем;

- иметь возможность оценивать собственные познавательные усилия, достигнутые успехи, корректировать свою деятельность [5].

В настоящее время существует несколько технологий технологии дистанционного обучения. Они отличаются по следующим признакам:

- по форме представления учебных материалов;

- по степени использования телекоммуникаций и персональных компьютеров при наличии посредника в системе обучения;

- по технологиям организации контроля учебного процесса;

- по степени применения в технологии обучения обычных методов ведения учебного процесса;

- по методам идентификации студентов при сдаче экзаменов.

При обучении будущих специалистов применение технологий дистанционного обучения есть необходимым компонентом получения качественного образования. Использование этих технологий - это естественный этап эволюции традиционной системы образования от доски с мелом до электронной доски и компьютерных обучающих систем, от книжной библиотеки до электронной, от обычной аудитории до виртуальной аудитории [4].

Обратимся к особенностям применения персональной образовательной среды в условиях дистанционной формы обучения, учитывая возможности Интернет-технологий. Для этого необходимо показать информационно-предметную среду в данном случае

базового дистанционного обучения. Она включает:

1. Курсы дистанционного обучения, электронные учебники, размещаемые на отечественных образовательных серверах (для различных моделей дистанционного обучения);

2. Виртуальные библиотеки;

3. Базы данных образовательных ресурсов;

4. Веб-квесты, предназначенные для целей обучения.

5. Телекоммуникационные проекты.

6. Виртуальные методические объединения учителей.

7. Телеконференции, форумы для преподавателей и студентов;

8. Консультационные виртуальные центры (для преподавателей, студентов и заинтересованных лиц).

9. Научные объединения школьников.

С целью внедрения в высшем учебном заведении персональной образовательной среды преподавателя в условиях смешанного обучения создан веб-ориентированный портал Университета. Портал функционирует в соответствии с Положением о персональной образовательной среде преподавателя Университета. Это положение определяет:

- структуру персональной образовательной среды преподавателя,

- единые стандарты к содержанию и оформлению их компонентов,

- методические и программно-технические условия их применения [1,3].

Ректорский сайт выполняет управленческо-обучающую функцию. Персональная образовательная среда преподавателя кафедры представляет собой центр для объединения всех участников образовательного процесса направлением работы кафедры; является средством предоставления информационной и учебной поддержки студентам, слушателям, преподавателям.

Персональная образовательная среда преподавателя содержит общие

сведения о нем и его учебные модули; учебно-методические материалы содержательных модулей, материалы для проведения итоговой аттестации, дополнительные материалы.

Учебно-методические материалы в персональной образовательной среде преподавателя представлены:

1) теоретическими материалами:

- мультимедийные презентации лекций,
- структурированные электронные учебные материалы,
- электронный конспект лекций,
- аудио-, видео-, анимационные учебные ресурсы,
- список печатных и Интернет-источников,
- ссылка на электронную библиотеку;

2) практических, семинарских работами:

- содержание,
- методические указания по их выполнению,
- видео и другие мультимедийные материалы,
- список индивидуальных заданий и вопросов для обсуждения,
- задачи для проектной деятельности,
- тематика спецкурсов,
- форма представления результатов выполнения,
- критерии и формы оценивания.

Обеспечение самостоятельной работы студента или слушателя сопровождается подготовкой следующего:

- комплект индивидуальных заданий,
- методические указания по их выполнению,
- вопросы для обсуждения в онлайн и офф-лайн режимах.

Модульный контроль:

- контрольные индивидуальные вопросы,
- вопросы для группового обсуждения,

- задачи с критериями оценки и формой представления результатов выполнения,

- тесты для самоконтроля и контроля.

- тематика выпускных работ и методические рекомендации к их написанию.

Создан веб-ресурс (URL: <http://dn.mdu.net.ua/umo/ns01/>) с целью оказания методической и технологической помощи преподавателям по наполнению и поддержке персональной образовательной среды. Данная персональная образовательная среда представляет собою аналог персональной среды преподавателя и включает 10 модулей на темы сочетания сетевых технологий с традиционным обучением.

При необходимости в режиме дистанционного обучения преподаватели могут получить информацию позволяющую:

- редактировать титульную страницу персональной образовательной среды преподавателя;

- размещать информацию о назначении персональной образовательной среды преподавателя и его автора;

- размещать задания, указания, рекомендации по работе с веб-ресурсом;

- вести колонки новостей и объявлений;

- управлять студенческими учетными записями;

- предоставлять консультации в синхронном и асинхронном режимах;

- собирать, обрабатывать и размещать учебную информацию на веб-ресурсах;

- готовить и проводить занятия (лекционные, семинарские и т.п.) с использованием сетевых технологий, в частности вебинаров;

- проводить открытые занятия;

- осуществлять контроль знаний студентов;

- освещать результаты учебной деятельности студентов.

ВЫВОДЫ

Таким образом, веб-ориентированная персональная образовательная среда, входящая в состав университетского портала расширяет возможности качественной подготовки будущих специалистов в университетах в условиях применения дистанционного обучения. Такая среда содержит общие сведения о преподавателе и студентах. Она вмещает в себя учебно-методические материалы в виде текстовой, аудиовизуальной и графической информации, материалы для проведения итоговой аттестации в виде протоколов результатов контроля и самоконтроля студентов, позволяет анализировать работу студента в условиях учебной среды, проводить консультации и дискуссии в условиях персональной учебной среды. Использование персональной образовательной среды при помощи технологий дистанционного обучения позволяет качественно улучшить процесс обучения в университетской среде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kiktenko A/. Место Инженера-педагога в современном мире, 2011 – MOTROL, 13A
2. Litvinchuk S Модульно-компетентністний підхід до навчання студентів у вищій школі, 2011 – MOTROL, 13A
3. Андреев А.Л. Педагогика высшей школы. Новый курс / Андреев А.Л. – М., 2003.
4. Биков В.Ю. Інноваційні освітні проекти. Якісна підготовка і перепідготовка максимальної кількості фахівців за мінімальні кошти / В.Ю. Биков // Освіта України. – 2002. – № 30(326).
5. Кухаренко В.М. Дистанційне навчання: Умови застосування. Дистанційний курс: Навчальний посібник / Кухаренко В.М., Рибалко О.В., Сиротенко Н.Г.; за ред. В.М. Кухаренка. – [3-є вид.]. – Харків: НТУ «ХПИ», «Торсінг», 2002. – 320 с.
6. Морзе Н.В. Інформаційні технології в навчанні / під ред. Морзе Н.В. – К.: Видавнича група ВНУ, 2004. – 240 с.
7. Олійник В.В. Організаційно-педагогічні основи дистанційної освіти і навчання: Організаційно-педагогічне дослідження / Олійник В.В. – К.: ЦППО, 2001. – 47 с.
8. Олійник В.В. Теоретичні та методичні засади розвитку системи підвищення кваліфікації працівників профтехосвіти на основі дистанційних технологій: навчальний посібник / Олійник В.В.; НАПН України, Ун-т менедж. освіти. – К., 2010. – 268 с.
9. Пасічник В.В. Глобальні інформаційні системи та технології: моделі ефективного аналізу, опрацювання та захисту даних: Монографія. / [В.В. Пасічник, П.І. Жежнич, Р.Б. Кравець, А.М. Пелешишин, Д.О. Тарасов]. – Львів, Вид-во НУ «Львівська політехніка». – 2006. – 348 с.
10. Полат Е.С. Педагогические технологии дистанционного обучения / Полат Е.С. – Москва, 2008. – 400 с.

PERSONAL EDUCATIONAL ENVIRONMENT AS A DISTANCE LEARNING AT THE UNIVERSITY FUTURE

Abstract. The article deals with personal educational environment as a distance education of future professionals in the universities. Describes the concept of distance education and distance learning technologies, the concept of personalized learning environment. Also in the article outlines the features of distance learning technologies, the structure of the personal learning environment, ways to present educational materials in a personal learning environment.

Key words: distance learning, distance learning technology, educational technology distance learning, personal educational environment.

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ БУДУЩИХ ИНЖЕНЕРОВ В АГРАРНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ В УСЛОВИЯХ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

Илона Бацуровская

Николаевский государственный аграрный университет
г. Николаев, ул. Крылова 17а

Аннотация: В статье представлены некоторые аспекты профессиональной подготовки будущих инженеров в аграрном университете в условиях применения технологии дистанционного обучения. Описано понятие технологии дистанционного обучения, а так же условия ее применения с целью формирования профессиональных навыков у будущих инженеров аграрной отрасли. Предоставлен аналитический аспект требований к специалисту по инженерии аграрной отрасли.

Ключевые слова: технология дистанционного обучения, специалист аграрной отрасли, профессиональная подготовка будущего инженера аграрной отрасли.

Аграрным вузам целесообразно предусматривать потребности специалистов аграрной отрасли и быть готовыми к удовлетворению их растущих запросов. Это требует обновления знаний и навыков с переориентацией подготовки будущих специалистов, в частности будущих инженеров. Для специалистов инженерных специальностей аграрной отрасли технологическое развитие мобильных устройств и современных технологий является оптимальным средством и возможностью для саморазвития и самосовершенствования. К особенностям подготовки инженеров аграрной отрасли, побуждающих к применению технологии дистанционного обучения, можно отнести следующие:

1. Учебный план подготовки инженера аграрной отрасли включает в себя прохождение полевой практики, практики на фермах и других собственных предприятиях университета. В таких условиях актуальной является система подачи систематизированного и упорядоченного учебного материала: лекционно-теоретического материала, лабораторно-практического, и проч.

2. Студенты инженерных специальностей проходят стажировку за рубежом, что требует дополнительных

профессиональных знаний в указанной области: владение особенностями зарубежной аграрной специфики указанных стран, технического обслуживания, языковой барьер.

3. В процессе обучения и прохождения практик используют значительные объемы табличной справочной информации, проводится систематический мониторинг циклических технологических процессов.

4. Потребность гармоничного сочетания естественных, математических и гуманитарных направлений: химия, физика, математика, информатика, иностранный язык по профессиональному направлению, психологические дисциплины, основы менеджмента и др.

Вышеупомянутые особенности подталкивают к применению технологии дистанционного обучения в профессиональной подготовке будущих инженеров в аграрных университетах. Основной целью деятельности аграрных университетов является подготовка специалистов для потребностей Украины. К главным задачам аграрных университетов относятся:

– осуществление образовательной деятельности определенного направления, которая обеспечивает подготовку

специалистов аграрной отрасли соответствующих образовательных квалификационных уровней и соответствует стандартам высшего образования;

– обеспечение выполнения государственного заказа и соглашений на подготовку специалистов аграрной отрасли с высшим образованием;

– изучение спроса на отдельные специальности на рынке труда сельскохозяйственного производства и содействия трудоустройству выпускников аграрных университетов;

– обеспечение культурного и духовного развития личности будущего специалиста аграрной отрасли [1, 10].

Возможность получения информации на расстоянии повышает уровень развития специалиста инженерной специальности аграрной отрасли. Это создает благоприятные условия для образования на протяжении жизни. Для инженера аграрной отрасли непрерывное образование является неотъемлемым элементом в процессе профессиональной деятельности. В большинстве случаев специалисты инженерных специальностей аграрной отрасли вынуждены работать на расстоянии от городских и областных информационных коммуникаций. С технологическим развитием аграрной отрасли возникает необходимость пополнения и совершенствования умений, навыков и знаний, с учетом потребностей образования в течение жизни. В связи с этим аграрные университеты при подготовке будущих инженеров должны акцентировать внимание на непрерывное образование, саморазвитие и самосовершенствование [2,8].

Необходимость обновления знаний специалиста инженерной специальности наступает менее чем через 5 лет, т.е. применительно к нашей системе высшего образования часто раньше, чем заканчивается обучение в высшем учебном заведении. Решение проблемы заключается в переходе к образованию в течение жизни. Базовое образование периодически должно дополняться

программами дополнительного образования. Соответственно процесс образования должен организовываться не как конечный и заверченный процесс, а лишь как основа и фундамент, который дополняется другими программами. Выпускники инженерных специальностей аграрного университета, кроме полученных знаний профессионального направления, должны в процессе профессиональной подготовки приобрести навыки к обучению в течение всей жизни. Целесообразно развивать навыки коммуникации, адаптивности, самосовершенствования, организационной и групповой эффективности и ряд других качеств, присущих инженеру аграрной отрасли. Таким образом, процесс обучения будущих инженеров в аграрных университетах должен происходить с учетом быстро меняющихся условий рынка труда. Необходимо ежегодно обновлять теоретические блоки учебных материалов, практические знания, тем самым совершенствовать профессиональную подготовку будущего инженера в аграрном университете учитывая потребности образования в течение жизни [7].

Профессиональная подготовка будущего инженера должна учитывать потребности рынка труда, а именно: развивать способности и умения исследовать явления; принимать и осуществлять решения; эффективно общаться и взаимодействовать с другими людьми; постоянно осваивать новые виды и типы деятельности. Рынок труда мы определяем как рынок, на котором происходит формирование спроса и предложения на трудовые ресурсы. Структура потребностей общества в инженерных кадрах - это номенклатура профильных рабочих мест, которые общество может предоставить молодым специалистам инженерных специальностей через рынок или через ту или иную систему трудоустройства. Такое сочетание в исторической перспективе представляет собой структуру, подверженную флуктуации, но в каждую эпоху, выступающую в качестве

ве относительно стабильной перестройки. Молодой специалист-аграрий инженерной специальности, который стоит перед проблемой трудоустройства после окончания вуза, будет востребован на рынке труда, если в основу его образования положена способность к самообразованию, саморазвитию и мобильности в освоении различных структур и направлений своей специальности. [4].

Профессиональная подготовка инженера, соответствует определенной профессиональной квалификации, предполагает, что в нем есть набор информации о событиях профессиональной жизни, которые вобрали в себя все значимые аспекты конкретной профессиональной деятельности. Эти аспекты представлены в учебной среде аграрного университета с учетом определенных приоритетов. Конкурентоспособность будущего инженера, с точки зрения работодателя, предполагает, что приоритеты в подготовке специалиста расставлены в соответствии с интересами организации, которую работодатель представляет. В процессе профессиональной подготовки будущего инженера аграрной отрасли возникает необходимость в применении таких технологий обучения, которые позволили бы своевременно учитывать обновление запросов работодателей европейского рынка труда независимо от места подготовки будущего специалиста и места нахождения работодателя [6].

Для успешного выхода на рынок труда будущие инженеры, которых готовят аграрные университеты, должны получить навыки для продолжения формирования себя как специалиста самостоятельно. В связи с этим, мы можем говорить о подготовке будущих инженеров в аграрных университетах посредством внедрения методично сконструированного комплекса технологий дистанционного обучения.

Профессиональная подготовка будущих инженеров аграрной отрасли к профессиональной деятельности по

профилю предметов технического и гуманитарного циклов включает в себя систему компонентов, качеств личности будущего специалиста-профессионала, которая обеспечивает выполнение им функций, адекватных потребностям инженерной деятельности, по требованиям социума.

Согласно положениям Указа Президента Украины № 1529/99 «О неотложных мерах по ускорению реформирования аграрного сектора экономики», появляется необходимость внедрения новых подходов к подготовке конкурентоспособных будущих специалистов инженерных специальностей аграрными университетами [9].

Это выдвигает ряд дополнительных требований к подготовке будущих инженеров аграрной отрасли, призванных в первую очередь поднять уровень сельскохозяйственного производства в соответствии с современными мировыми стандартами. Анализ мировых тенденций в области аграрного образования и ее реорганизация в Украине указывает на рост требований к подготовке будущих специалистов, в частности инженеров, в аграрных университетах. Необходимо применение таких технологий обучения, которые помогли бы будущему специалисту, как в получении качественного высшего образования, так и в процессе самосовершенствования. Возрастает степень значимости применения технологии дистанционного обучения в подготовке будущих специалистов, в частности специалистов инженерных специальностей [3,10].

Применение технологии дистанционного обучения в профессиональной подготовке будущих инженеров аграрной отрасли раскрывает возможности положительного влияния на решение следующих задач:

- реализация потребностей будущих инженеров аграрной отрасли в образовательных услугах;
- повышение профессиональной мобильности и активности студентов

инженерных специальностей в аграрных университетах;

– формирование единого образовательно-учебного пространства в рамках аграрного образования;

– индивидуализации обучения будущих инженеров аграрной отрасли при массовости образования [5].

Следует заметить, что успешность инженерной профессии в условиях применения технологии дистанционного обучения в профессиональной подготовке будущих инженеров аграрной отрасли, обеспечивают следующие аспекты:

– способность к сосредоточению, умение погрузиться в работу над конкретным проектом в течение длительного времени;

– аналитическое мышление, сосредоточение и устойчивость внимания;

– способность быстрого перехода с уровня абстрактного мышления и представлений на уровень представлений о конкретном продукте (вследствие разработок);

– логичность мышления - способность устанавливать причинно-следственные связи по формальному признаку;

– критичность - способность посмотреть на полученный результат с разных точек зрения, определить структуру задачи и затем представить процесс решения задачи в целом, предусмотреть конкретный, конечный результат;

– способность к творчеству, способность продуцировать большое количество решений одной задачи;

– наличие знаний в области работы технических устройств, технический склад ума;

– способность к саморазвитию в течении жизни, стремление к самосовершенствованию в условиях развития рынка труда.

При подготовке будущих инженеров в аграрных университетах, нужно учитывать, что студенты инженерных специальностей умеют осваивать сис-

тему знаний и умений, необходимых для осуществления будущей профессиональной деятельности в мимолетных условиях конкуренции на рынке труда. Возникает необходимость модернизации профессиональной подготовки будущих инженеров в аграрных университетах. Возникает необходимость менять парадигму высшего образования, совершенствовать технологии обучения. Подготовка будущих инженеров в аграрных университетах осуществляется в рамках двухуровневой системы высшего образования. Для каждой ступени определены академическая и профессиональная квалификации. Студенты инженерных специальностей приобретают одновременно при освоении соответствующей образовательно-профессиональной программы и определенный образовательный и квалификационный уровень.

В системе высшего образования Украины должностные требования для каждой квалификации определяются по одному из основных нормативно-правовых документов в сфере труда и социальной защиты - Справочника квалификационных характеристик профессий работников. В нем приведены квалификационные характеристики должностей, т.е. перечни задач и обязанностей, которые должны выполнять работники, требования к их профессиональным знаниям по специальности, образовательного и квалификационного уровней. На основании квалификационных характеристик и требований общества к социально важным качествам специалиста по инженерии аграрной отрасли, формируется необходимый перечень качеств выпускника инженерной специальности аграрного университета [2].

Подготовка будущего инженера характеризуется развитием профессионализма. Под профессионализмом понимают такое свойство людей, которое позволяет систематически, эффективно и надежно выполнять сложную деятельность в самых разнообразных условиях. В понятии «профессионализм»

отражается такая степень овладения человеком психологической структуры профессиональной деятельности, соответствующей в обществе стандартам и объективным требованиям [10].

Применение технологии дистанционного обучения сопровождается формированием профессиональных навыков у будущих инженеров аграрной отрасли и учитывает потребность в следующих аспектах:

– инженерный стиль мышления, совокупность методологических идей, которые проявляются через логико-техническое, системное и творческое мышление;

– профессиональная компетентность, через интегральное качество личности будущего инженера, основанное на совокупности его знаний и умений (в составе профессиональной, информационной, коммуникативной и социальной компетенций), необходимых для эффективного решения инженерных задач;

– профессиональная культура, через научно-гуманистическое мировоззрение, культуры инженерного труда, духовности и нравственности личности;

– положительном отношении к выбранной профессии, через соответствующие мотивации к инженерной деятельности, профессиональной устойчивости и профессиональной направленности личности [3].

Профессиональная подготовка будущих инженеров в аграрных университетах опирается на основательное и качественное высшее образование. Она предоставляет студентам инженерных специальностей интеллектуальный базис, необходимый для решения новых проблем в будущей работе и для отбора существенных знаний из массы доступной информации. В профессиональной подготовке студентов высших аграрных учебных заведений необходимо концентрировать внимание на:

1) формирование у будущих инженеров профессиональных, личных и социальных навыков, таких как общение, умение адаптироваться в социальной и в

информационной среде, творчество, уверенность в себе;

2) производственную практику, на знание систем и принципов ее функционирования;

3) изучение соответствующих дисциплин и умения определять, организовать и передать знания предмета.

Требования к специалисту по инженерии достаточно многогранны и широкие. Они менялись в течение периода существования профессии в современном ее понимании. Современное аграрное образование должно закладывать в будущих инженеров основы понимания мира как динамично переменного, в котором личность находится в состоянии постоянного создания этого мира и самого себя в будущей профессии. Главным условием и результатом этого творчества является гармония человека с собой, миром, в котором он живет, с будущей профессиональной деятельностью.

Отличительный признак технологии дистанционного обучения – это использование информационно-технических средств коммуникации, направленных на преодоление физической дистанции и приближение обучения на расстоянии по своим базовым характеристикам к традиционным. Поэтому важно подчеркнуть, что термином «дистанционное образование» обозначают не просто обучение на расстоянии, а обучение с использованием передовых информационно-коммуникационных средств.

Под технологией дистанционного образования понимают совокупность средств методов и способов, которые обеспечивают регистрацию и обучение в образовательном учреждении и предоставляют расположенные в определенной последовательности и логике учебные материалы, предназначенные для самостоятельного изучения. Это интерактивная форма образования на расстоянии, представляющая собой вариативное, направляемое и контролируемое самообразование. В основу которого положено установочно-консультационная сессия с самостоятельной работой студентов и оснащение полным комплексом учебной

и методической литературы, информационно-техническими средствами коммуникации.

Применение технологии дистанционного обучения в профессиональной подготовке будущих инженеров осуществляется непосредственно:

а) через последовательное углубление научно-теоретических, фундаментальных профессиональных знаний средствами Интернет-технологии и повышение навыков инженерной деятельности в аграрной отрасли путем интенсификации работы с информационными и коммуникационными технологиями;

б) через последовательное углубление профессионально-практической подготовки путем работы со специализированными учебными сайтами, которые адаптированы не только для получения систематизированной и упорядоченной учебной информации, но и для системы коммуникаций в рамках единого сайта, таких как дистанционное консультирование, обсуждения, дискуссии [4].

В заключении можно добавить, следующее: если дополнить изучение профессиональных дисциплин технологией дистанционного обучения, можно улучшить результат профессиональной подготовки. Применение учебной среды, дистанционных консультаций, обсуждений в тематических форумах, чатах, расширяют возможности изучения специальных дисциплин. Анализ мировых тенденций в области аграрного образования и ее реорганизация в Украине указывает на рост требований к подготовке будущих инженеров в аграрных университетах. Выпускник аграрного университета, наряду с высокой профессиональной компетентностью и эрудицией, должен уметь рационально организовывать производство в условиях рыночных отношений, быть способным к внедрению и использованию прогрессивных технологий, творчески подходить к решению производственных задач, иметь способности к саморазвитию и самосовершенствованию. Для успешного выхода на рынок труда будущие

инженеры аграрной отрасли, должны получить навыки для продолжения формирования себя как специалиста самостоятельно. Технология дистанционного обучения расширяет возможности профессиональной подготовки будущих инженеров аграрной отрасли, предоставляет им возможность развивать себя творчески, обеспечивает интегрированный подход к обучению и стажировке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kiktenko A/. Место Инженера-педагога в современном мире, 2011 – MOTROL, 13A
2. Litvinchuk S Модульно-компетентністний підхід до навчання студентів у вищій школі, 2011 – MOTROL, 13A
3. Андреев А.А. Педагогика высшей школы. Новый курс / Андреев А.Л. – М., 2003.
4. Биков В.Ю. Інноваційні освітні проекти. Якісна підготовка і перепідготовка максимальної кількості фахівців за мінімальні кошти / В.Ю. Биков // Освіта України. – 2002. – № 30(326).
5. Бондаренко О. Теоретичне обґрунтування механічної технології відокремлення качанів кукурудзи від стебел інерційними силами / О. Бондаренко/MOTROL, 12A.
6. Корсунська Н.О. Дистанційне навчання: підходи до реалізації [Електронний ресурс] / Н.О. Корсунська // Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми: Збірник наукових праць. – Київ-Вінниця: ДОВ Вінниця, 2000. – Режим доступу: http://conferens.sumdu.edu.ua/dl2004/ua/dated/seminar/2004_10/doc/Balovsyak.rtf
7. Петрук В.А. Теоретико-методичні засади формування професійної компетентності майбутніх фахівців технічних спеціальностей у процесі вивчення фундаментальних дисциплін. Монографія / Петрук В.А. –

Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. – 292 с.

8. Полат Е.С. Педагогические технологии дистанционного обучения / Полат Е.С. – Москва, 2008. – 400 с.

9. Про невідкладні заходи щодо прискорення реформування аграрного сектора економіки: Указ Президента України №1529/99 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1529/99>

10. Самойленко О.М. Використання інформаційних технологій у професійній діяльності: Методичний посібник / Самойленко О.М. – [Вип. 5]. – Миколаїв, 2009. – 267 с.

SOME ASPECTS OF TRAINING FUTURE ENGINEERS IN AGRARIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY IN THE DISTANCE LEARNING

Abstract. The paper presents some aspects of the training of future engineers in the agricultural university in the use of distance learning technologies. Described the concept of distance learning technologies, as well as the conditions of its use in the formation of professional skills of future engineers agricultural sector. Provided analytical aspect of requirements to a specialist in agricultural engineering industry.

Key words: technology distance learning specialist agricultural sector, training of future engineers agricultural sector.

SPIS TRESCI

Борис Бугаков

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ ОБЪЕМНОГО И ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ
МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGIES OF VOLUME AND SUPERFICIAL
HARDENING OF METALS AND ALLOYS.....5

Сергій Пастушенко, Микола Огієнко

ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СЕПАРАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ
НАСІННЕВОЇ МАСИ ОВОЧЕБАШТАННИХ КУЛЬТУР

THEORETICAL ASPECTS OF SEPARATION TECHNOLOGY RESEARCH
MASS SEED CROPS AND MELONS CULTURES.....13

Александр Чередниченко, Михаил Ткач

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ БАЗА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНВЕРСИИ БИОЭТАНОЛА
РЕГЕНЕРАЦИЕЙ СБРОСНОГО ТЕПЛА ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

TEST BENCH FOR RESEARCH OF CONVERSION OF BIOETHANOL
BY USE OF THE WASTE HEAT OF GAS TURBINE ENGINE.....21

Иван Кишак, Валерий Гавриш, Ирина Саварина

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
РАЗМЕРА АРЕНДНОЙ ПЛАТЫ ЗА ЗЕМЕЛЬНЫЙ УЧАСТОК

ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODELING IN DETERMINING OF
THE LAND RENT.....26

Борис Бугаков, Виталий Артюх

ИССЛЕДОВАНИЯ ТОЧНОСТИ ВАЛОВ ОБКАТАНЫХ УСТРОЙСТВОМ СО
СТАБИЛИЗАЦИЕЙ РАБОЧЕГО УСИЛИЯ ОБКАТЫВАНИЯ

DETERMINATION OF THE TENSELY-DEFORMED STATE OF BODIES
AT THEIR PIN CO-OPERATION. PIN TASK34

Валерий Гавриш, Владимир Пилип

СТРАТЕГИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БИОСЫРЬЯ

THEORETICAL RESEARCH OF LONGITUDINAL WAVES OF DEFORMATION
IN EAR OF CORN AT HIS DISSOCIATING FROM STEM.....39

Борис Бугаков, Дмитрий Марченко

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОБКАТЫВАНИЯ СТАЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ С ЦЕЛЬЮ
ПОВЫШЕНИЯ КОНТАКТНОЙ ПРОЧНОСТИ

TECHNIQUE AND RESULTS OF PILOT STUDIES OF TECHNOLOGICAL PROCESS OF
ROLLING OF STEEL DETAILS FOR THE PURPOSE OF INCREASE OF CONTACT
DURABILITY.....46

Константин Думенко, Катерина Шевченко МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ	
DESIGN OF PROCESS OF PROVIDING OF RELIABILITY OF COMBINE HARVESTERS.....	51
Микола Гріпачевський, Дмитро Марченко ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ВОДЯНОГО НАСОСУ ДВИГУНА УМЗ – 4216	
PERFECTION OF CONSTRUCTION OF AQUATIC TO PUMP ENGINE OF YMZ – 4216....	57
Александр Шкатов, Елена Горбенко, Наталия Ким ПРИМЕНЕНИЕ ГРАВИТАЦИОННОГО ВОДОПОДЪЁМА, КАК АЛЬТЕРНАТИВНОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ, ДЛЯ УСЛОВИЙ ПРОИЗВОДСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ	
APPLICATION OF GRAVITY GETTING UP OF WATER, AS ALTERNATIVE ENERGY SOURCE, FOR TERMS OF PRODUCTION OF AGRICULTURAL GOODS.....	61
Игорь Атаманюк, Юрий Кондратенко ПОЛИНОМИАЛЬНЫЙ СТОХАСТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА БАЗЕ АППАРАТА КАНОНИЧЕСКИХ РАЗЛОЖЕНИЙ	
POLYNOMIAL STOCHASTIC ALGORITHM OF FORECASTING RELIABILITY OF TECHNICAL OBJECTS ON THE BASIS OF THE DEVICE OF CANONICAL DECOMPOSITION.....	67
Наталья Кулалаева, Валерий Михайлюк, Игорь Петров ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОЧИСТКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ВОД	
RESEARCH OF APPLICATION OF NANOTECHNOLOGY TO CLEAN OILY WATER.....	74
Євгеній Самойленко ПРО МАТРИЧНЕ ФУНКЦІОНАЛЬНЕ ЧИСЛЕННЯ ТА ВЛАСТИВОСТІ ДЕЯКИХ МАТРИЧНИХ ОПЕРАТОРІВ	
ON PROPERTIES OF MATRIX-VALUED FUNCTIONS.....	84
Ольга Полишкевич СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПАРКА КУКУРУЗООБОРОЧНЫХ МАШИН В УСЛОВИЯХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ОГРАНИЧЕНИЙ MODERN STATE OF PARK CORN-HARVESTING MACHINES IN THE CONDITIONS OF ECONOMIC AND ECOLOGICAL LIMITATIONS.....	91
Александр Бондаренко, Василий Грубань СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ КУКУРУЗООБОРОЧНЫХ МАШИН	
MODERN ASPECTS INCREASE RELIABILITY OF CORN-HARVESTING MACHINES.....	97

Завирюха Николай

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОЦЕССА ДВОХПОДПОРНОГО РЕЗАНИЯ
СТЕБЛЕЙ КУКУРУЗЫ

ENERGY PERFORMANCE OF CUTTING CORN STALKS.....103

Елена Горбенко, Александр Чебан, Алексей Норинский

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА РАБОЧЕГО ОРГАНА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ
ТОМАТОВ ДЛЯ МАШИНЫ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ-ПРОТИРЩИКА

RATIONALE OPERATION AUTHORITY PRIOR TO GRINDING MACHINES TOMATO
GRINDERS-PROTYRALNYKA.....113

Michael Ushkats, Sergiy Koval, Stanislav Koval

РАСЧЕТ ТРЕТЬЕГО И ЧЕТВЕРТОГО ВИРИАЛЬНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ
НЕИДЕАЛЬНОГО ГАЗА ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ ПАРНОГО
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

CLUSTER EXPANSION OF THE CONFIGURATIONAL PARTITION FUNCTION
OF A NON-IDEAL GAS FOR HIGH PRESSURE STATES.....119

Елена Горбенко, Владимир Стрельцов, Наталья Горбенко

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА РАСТИТЕЛЬНОГО МАСЛА

INNOVATIVE TECHNOLOGY OF PRODUCTION OF VEGETABLE OIL.....125

Николай Огненко, Алёна Огненко

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ КОМПЛЕКСА
МАШИН ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СЕМЯН ДЫНИ И ОГУРЦА

COST-EFFECTIVE IMPLEMENTATION COMPLEX MACHINE FOR SEEDS OF
MELON AND CUCUMBER.....131

Олег Хвоцан, Ангелина Майстренко

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ РАЗРЯДОВ

EXPERIMENTAL RESEARCH OF HYDRODYNAMIC DESCRIPTIONS OF
HIGH-VOLTAGE IMPULSIVE DIGITS.....138

Ірина Думенко, Катерина Тайхриб

ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ОХОРОНИ ТА БЕЗПЕКИ ПРАЦІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ
ГАЛУЗІ МИКОЛАЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

STUDY HEALTH AND SAFETY OF AGRICULTURAL INDUSTRY OF
NIKOLAIEV OBLAST.....144

Ірина Думенко, Катерина Тайхриб

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОЛЬОРІВ НА ОПТИМІЗАЦІЮ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ

RESEARCH OF INFLUENCE OF COLORS ON THE OPTIMIZATION
OF THE EDUCATIONAL PROCESS.....148

Александр Ракул, Валерий Поздеев, Владимир Пилип
ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОДОЛЬНЫХ ВОЛН ДЕФОРМАЦИИ В ПОЧАТКЕ
КУКУРУЗЫ ПРИ ЕГО ОТДЕЛЕНИИ ОТ СТЕБЛЯ

THEORETICAL RESEARCH OF LONGITUDINAL WAVES OF DEFORMATION
IN EAR OF CORN AT HIS DISSOCIATING FROM STEM.....152

В'ячеслав Курепін

РИСТАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НАВЧАННЯ – ЗАПОРУКА ПІДГОТОВКИ
ВИСОКОКВАЛІФІКОВАНИХ СПЕЦІАЛІСТІВ

USING INNOVATIVE LEARNING TECHNOLOGIES - THE KEY TO
TRAINING HIGHLY QUALIFIED SPECIALISTS.....158

Вячеслав Шебанин, Владимир Богза, Сергей Богданов

РАСЧЕТ ВЕРОЯТНОСТИ ОТКАЗОВ КОНСТРУКТИВНОГО ЭЛЕМЕНТА СБОРНО -
РАЗБОРНЫХ ЛЕГКИХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

DISTRIBUTION OF THE NUMBER OF PROBABLE FAILURE RATES
COLLAPSIBLE LIGHT METAL STRUCTURES.....164

Елена Лузан, Василий Сало, Петр Лузан, Сергей Лешенко

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЗАДЕЛЫВАЮЩЕГО
РАБОЧЕГО ОРГАНА ДЛЯ ПРЯМОГО ПОСЕВА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

JUSTIFICATION OF THE FILLING-UP PARAMETERS OF WORKING
BODIES FOR DIRECT SOWING OF CEREAL CROPS.....168

Виктор Дейкун, Василий Сало, Валерий Гончаров

АНАЛИЗ ДАЛЬНОСТИ ПОЛЕТА ЧАСТИЦ МИНЕРАЛЬНЫХ
УДОБРЕНИЙ В ПОДІАПОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ

AN ANALYSIS OF DISTANCE OF FLIGHT OF PARTICLES OF MINERAL
FERTILIZERS IS IN SUBPAW SPACE.....174

Людмила Комиссарова

КОМПЕТЕНТНОСТНЫЙ ПОДХОД КАК УСЛОВИЕ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ
КУЛЬТУРЫ В ПОДГОТОВКЕ БУДУЩЕГО ИНЖЕНЕРА - ПЕДАГОГА

COMPETENCE APPROACH AS A CONDITION OF TECHNOLOGICAL
CULTURE TO FUTURE ENGINEERS – TEACHERS.....180

Анна Коваль

ПРИНЦИПЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ МОЛОДЕЖНОЙ ПОЛИТИКИ В УКРАИНЕ

THE PRINCIPLES OF STATE YOUTH POLICY IN UKRAINE.....185

Александр Самойленко

ПЕРСОНАЛЬНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ СРЕДА КАК СРЕДСТВО ДИСТАНЦИОННОГО
ОБУЧЕНИЯ БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ В УНИВЕРСИТЕТАХ

PERSONAL EDUCATIONAL ENVIRONMENT AS A DISTANCE LEARNING AT
THE UNIVERSITY FUTURE.....190

Илона Бацуровская

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ БУДУЩИХ
ИНЖЕНЕРОВ В АГРАРНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ В
УСЛОВИЯХ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

SOME ASPECTS OF TRAINING

FUTURE ENGINEERS IN AGRARIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY IN

THE DISTANCE LEARNING.....195

List of the reviewers

1. Shebanin V.S.
2. Gavrish V.I.
3. Stavinsky A.A.
4. Boiko A.I.
5. Seleznev Y.V.
6. Timoshevsky B.G.
7. Butakov B.I.
8. Gorbunova K.M.

Editors of the “Motrol” magazine of the Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture would like to inform both the authors and readers that an agreement was signed with the Interdisciplinary Centre for Mathematical and Modelling at the Warsaw University referred to as “ICM”. Therefore, ICM is the owner and operator of the IT system needed to conduct and support a digital scientific library accessible to users via the Internet called the “ICM” Internet Platform”, which ensures the safety of development, storage and retrieval of published materials provided to users. ICM is obliged to put all the articles printed in the “Motrol” on the ICM Internet Platform. ICM develops metadata, which are then indexed in the “Agro” database.

Impact factor of the “Motrol” journal according to the Commission of Motorization and Energetics in Agriculture is 2.0 (September 2012).