

ISSN 1995-0519
ISSN 2072-8263

ВІСНИК

КРЕМЕНЧУЦЬКОГО
НАЦІОНАЛЬНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ
ІМЕНІ МИХАЙЛА
ОСТРОГРАДСЬКОГО



Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

Випуск 6/2017 (107). Частина 1



УКРАЇНА

Державна реєстраційна служба України

СВІДОЦТВО

про державну реєстрацію
друкованого засобу масової інформації

Серія КВ

№ 17441-757117P

«Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла
Остроградського»

(назва видання державною мовою)

(назва видання іншою мовою (мовами))

Вид видання журнал

(газета, журнал, бюлетень, збірник, альманах, календар, додаток)

Статус видання вітчизняне

(включене, спільне)

Мова (мови) видання українська, російська, англійська (змішаними мовами)

Вид видання

за цільовим призначенням наукове, науково-практичне, науково-методичне

(пропагандистське, наукове, навчальне, інформаційне)

(рекламне (більше 40 відсотків обсягу одного номера – реклама), протичасове тощо)

Обсяг, періодичність до 20 ум.друк.арк., 6 разів на рік

Сфера розповсюдження та категорія читачів загальнодержавна, зарубіжна

науковці, викладачі, працівники технічних, природничих та гуманітарних галузей,
аспіранти, студенти

Засновник (співзасновники) Кременчуцький національний університет імені Михайла
Остроградського

Програмні цілі (основні принципи) інформування у наукових публікаціях про розвиток
або тематична спрямованість науки, освіти і виробництва, впровадження нових
результатів фундаментальних та прикладних досліджень у галузі технічних, природничих та
гуманітарних наук

Голова

30.01.2012
(дата реєстрації)
17.02.2012



Л.В. Єфіменко

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Кременчуцький національний університет
імені Михайла Остроградського

ВІСНИК

Кременчуцького національного університету
імені Михайла Остроградського

Випуск 6/2017 (107)
частина 1

- Електромеханічні системи та автоматизація. Електричні машини і апарати. Енергетика
- Новітні матеріали і нанотехнології
- Енерго- та ресурсозберігаючі технології
- Інформаційні системи і технології. Математичне моделювання
- Сучасні технології в машинобудуванні, транспорті та гірництві
- Екологічна безпека
- Землевпорядкування та кадастр. Будівництво
- Економіка і управління підприємствами, галузями, національним господарством
- Менеджмент, маркетинг та управління персоналом
- Бухгалтерський облік, фінанси та грошовий обіг
- Природничі науки
- Гуманітарні науки

Кременчук – 2017

ВІСНИК КРЕМЕНЧУЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО. –

Кременчук: КрНУ, 2017. – Випуск 6 (107), частина 1. – 162 с.

Головний редактор

М. В. Загірняк, дійсний член (академік) Національної академії педагогічних наук України,
д.т.н., проф.

Заступник головного редактора

В. В. Никифоров, д.б.н., проф.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Бахарєв В. С., к.т.н., доц.;

Воробйов В. В., д.т.н., проф.;

Гученко М. І., д.т.н., проф.;

Дідур С. В., д.е.н., проф.;

Дивак М. П., д.т.н., проф.;

Драгобецький В. В., д.т.н., проф.;

Єлізаров О. І., д.ф.-м.н., проф.;

Жуков І. А., д.т.н., проф.;

Касич А. О., д.е.н., проф.;

Кратт О. А., д.е.н., проф.;

Ляшенко В. П., д.т.н., проф.;

Маслак О. І., д.е.н., проф.;

Маслов О. Г., д.т.н., проф.;

Оксанич А. П., д.т.н., проф.;

Перерва П. Г., д.е.н., проф.;

Пилипенко А. А., д.е.н., проф.;

Почтовюк А. Б., д.е.н., проф.;

Поясок Т. Б., д.пед.н., проф.;

Родькін Д. Й., д.т.н., проф.;

Саленко О. Ф., д.т.н., проф.;

Сінчук О. М., д.т.н., проф.;

Сокур М. І., д.т.н., проф.;

Троцько О.В., к.т.н., доц.;

Труніна І. М., д.е.н., проф.;

Хоменко М. М., д.е.н., проф.;

Чебенко В. М., д.т.н., проф.;

Чорний О. П., д.т.н., проф.;

Шмандій В. М., д.т.н., проф.

МІЖНАРОДНА РЕДАКЦІЙНА РАДА

Gavin C Reid, докт. наук, проф. (Шотландія);

Ернест Єфремов, член-кор. Національної академії наук України, д.т.н., проф.;

Олександр Кириленко, академік Національної академії наук України, д.т.н., проф.;

Микола Ключ, д.ф.-м.н., проф., Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАНУ;

Peter Andráš, докт. наук, проф. (Словаччина);

Alicija Kozubska, проф. (Польща);

Przemyslaw Ziolkowski, доц. (Польща);

Kevin Donohue, докт. наук, проф. (США);

Krzysztof Klyuschyński, д.т.н., проф. (Польща);

Stanislaw Korenik, докт. наук, проф. (Польща);

Damijan Miljavec, докт. наук, проф. (Словенія);

Lubomír Paná, к.політ.н., доц. (Чехія);

Janusz Ślodziak, докт. наук, проф. (Польща);

Bojan Štumberger, проф. (Словенія);

Johanes Zentner, д.т.н., проф. (Німеччина).

Науково-технічний редактор – **І. Е. Пєєва**, к.т.н.

Відповідальний секретар – **Н. В. Кіцель** (українська та російська мови)

Відповідальний секретар – **Р. М. Кантемірова** (англійська мова)

Науковий журнал видається з 1996 року. Внесений до Переліку фахових видань, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата технічних, економічних і педагогічних наук. Журнал надсилається до провідних наукових бібліотек України, електронна версія журналу зберігається у Національній бібліотеці України імені В.І. Вернадського, індексується у загальнодержавній базі даних «Україніка наукова» (реферативний журнал «Джерело») і реферативному журналі *ВІНИТИ* (РАН), а також у міжнародних наукометричних базах даних «Ulrich's Web Global Serials Directory», «eLIBRARY», «Index Copernicus», «Polish Scholarly Bibliography», «Infobase Index», «Inspec», «Open Academic Journals Index», «Google Scholar», «CiteFactor» і «Scientific Indexing Services».

Друкується за рішенням Вченої ради Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського (протокол № 4 від 26.12.2017 р.). Свідоцтво про державну реєстрацію друкованих засобів масової інформації серії КВ № 18771–7571 ПР від 30.01.2012 р.

Журнал публікує після рецензування, редагування та перевірки на оригінальність статті, які містять результати досліджень з питань розвитку науки, освіти і виробництва, впровадження нових результатів фундаментальних досліджень і прикладних розробок у галузі технічних, природничих, економічних і гуманітарних наук.

© Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, 2017 р.

ISSN 1995–0519

e-ISSN 2072–8263

Адреса редакції: вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук Полтавської обл., Україна, 39600.

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, НДЧ, кімн. 3210.

т. +3805366 36217; E-mail: visnikkrnu@kdu.edu.ua; website: www.kdu.edu.ua.

**TRANSACTIONS
of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi
National University**

**Issue 6/2017 (107)
part 1**

- **Electromechanical systems and automation. Electric machines and devices. Power engineering**
- **Advanced materials and nanotechnologies**
- **Energy- and resource-saving technologies**
- **Information systems and technologies. Mathematical modeling**
- **Advanced technologies in machine construction, transport and mining industries**
- **Environmental safety**
- **Land-use management and cadastre. Civil engineering**
- **Economics and management of enterprises, branches, and national economy**
- **Marketing, business and personnel management**
- **Financial accounting and money turnover**
- **Natural sciences**
- **The humanities**

TRANSACTIONS OF KREMENCHUK MYKHAILO OSTROHRADSKYI
NATIONAL UNIVERSITY. –

Kremenchuk: KrNU, 2017. – Issue 6 (107), part 1. – 162 p.

Editor-in-chief

M. Zagirnyak – Full Member of National Academy of Pedagogic Sciences of Ukraine, DSc, Prof.

Deputy Editor-in-chief

V. Nykyforov, DSc, Prof.

EDITORIAL BOARD

V. Bakharev, CandSc, Assoc. Prof.;

V. Chebenko, DSc, Prof.;

O. Chorny, DSc, Prof.;

S. Didur, DSc, Prof.;

V. Dragobetskyi, DSc, Prof.;

M. Dyvak, DSc, Prof.;

M. Guchenko, DSc, Prof.;

A. Kasych, DSc, Prof.;

M. Khomenko, DSc, Prof.;

O. Kratt, DSc, Prof.;

V. Lyashenko, DSc, Prof.;

O. Maslak, DSc, Prof.;

O. Maslov, DSc, Prof.;

A. Oksanych, DSc, Prof.;

P. Pererva, DSc, Prof.;

A. Pochtovyuk, DSc, Assoc. Prof.;

T. Poyasok, DSc, Prof.;

A. Pylypenko, DSc, Prof.;

D. Rod'kin, DSc, Prof.;

O. Salenko, DSc, Prof.;

V. Shmandiy, DSc, Prof.;

O. Sinchuk, DSc, Prof.;

M. Sokur, DSc, Prof.;

O. Trotsko, CandSc, Assoc. Prof.;

I. Trunina, DSc, Prof.

V. Vorobyov, DSc, Prof.

O. Yelizarov, DSc, Prof.;

I. Zhukov, DSc, Prof.

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

Gavin C Reid, DSc, Prof. (Scotland);

Peter Andráš, DSc, Prof. (Slovakia);

Kevin Donohue, DSc, Prof. (USA);

Nikolai Klyui, DSc, Prof. (Ukraine);

Ernest Yefremov, DSc, Prof. (Ukraine);

Krzysztof Klyuschyński, DSc, Prof. (Poland);

Stanislaw Korenik, DSc, Prof. (Poland);

Oleksandr Kyrlylenko, DSc, Prof. (Ukraine);

Damijan Miljavec, DSc, Prof. (Slovenia);

Lubomír Paná, CandSc, Prof. (Czech);

Janusz Ślodeczyk, DSc, Prof. (Poland);

Bojan Štumberger, Prof. (Slovenia);

Johanes Zentner, DSc, Prof. (Germany);

Alicija Kozubska, Prof. (Poland);

Przemyslaw Ziolkowski, DSc, Prof. (Poland).

Science Editor – I. Pejeva, CandSc

Executive Editor – N. Kitsel (Ukrainian & Russian)

Executive Editor – R. Kantemirova (English)

The journal has been published since 1996. The journal is registered in the List of specialized editions for the research results of doctoral and candidate theses in Engineering, in Economics, in Pedagogy to be published in. The journal is presented in the top research libraries of Ukraine including the Vernadsky National Library of Ukraine. The journal is indexed in the national database «*Ukrainika Naukova*» («*Dzherelo*» abstract journal), *VINITI* abstract journal (Russian Academy of Science), and international databases: *eLIBRARY*, «*Index Copernicus*», global serials directory «*Ulrich's Web Global Serials Directory*», «*Polish Scholarly Bibliography*», «*Infobase Index*», «*Inspec*», «*Open Academic Journals Index*», «*Google Scholar*», «*CiteFactor*» and «*Scientific Indexing Services*».

The journal is published by the decision of the Scientific Council of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University (Record no. 4 of 26 December, 2017). Registration Certificate KV № 18771–7571 PR of 30 January, 2012.

The journal publishes only original and peer-reviewed articles, which cover theoretical and experimental aspects of research outcomes in the fields of Engineering, Natural and Economic Sciences, and Humanities.

© Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, 2017.

ISSN 1995–0519

e-ISSN 2072–8263

Office address: vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, Poltavaska obl., Ukraine 39600.

Science and Research Department, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University.

Tel: +38 05366 36217. E-mail: visnikkrnu@kdu.edu.ua; website: www.kdu.edu.ua.

**ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ СИСТЕМИ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ.
ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ І АПАРАТИ. ЕНЕРГЕТИКА**

ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ НАВАНТАЖЕННЯ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА З ВИКОРИСТАННЯМ МАШИНИ ПОДВІЙНОГО ЖИВЛЕННЯ <i>А. П. Калінов, В. П. Ляшенко, А. П. Оксаніч, В. О. Огарь, В. В. Лотоус</i>	9
--	---

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ ЗЕРНООЧИСНИХ АГРЕГАТІВ <i>О. П. Карпова, М. В. Постнікова</i>	15
---	----

ЕНЕРГО- ТА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ

ТЕХНІЧНІ ТА ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ УКРАЇНИ <i>І. М. Луценко, П. С. Циган</i>	21
--	----

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕНДЕНЦИЙ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РАЗРЕЗЕ АНАЛИЗА МИРОВЫХ И УКРАИНСКИХ НАУЧНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ РЕСУРСОВ <i>В. Г. Дюжнев, С. В. Сусликов, Д. В. Большаков</i>	31
---	----

ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ І ТЕХНОЛОГІЇ. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ТЕПЛООБМІНУ З УМОВАМИ ІМПЕДАНСНОГО ТИПУ У БАГАТОШАРОВИХ ОБЛАСТЯХ <i>В. П. Ляшенко, О. Б. Кобильська, О. П. Дем'янченко</i>	37
---	----

ВЛИЯНИЕ АНИЗОТРОПИИ, ТЕРМОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ И ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ТЕПЛООБМЕНА НА ТЕРМОНАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЛОГО ЦИЛИНДРА <i>Е. П. Зайцев</i>	44
--	----

МОДЕЛЬ И МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ МНОГОУРОВНЕВОЙ СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ <i>И. В. Шевченко, Н. С. Шкарупа, М. В. Гончар</i>	54
--	----

EVALUATION OF PERSONAL CREDITABILITY ON THE BASIS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS <i>М. Smirnova, Ни Xiaohui, А. Judina</i>	64
--	----

РОЗРОБКА ФОРМАЛЬНОЇ ТЕОРІЇ СТАТТІ ЗЕМЕЛЬНОГО КОДЕКСУ УКРАЇНИ ТА ЇЇ АЛГОРИТМІЗАЦІЯ <i>М. А. Кухар</i>	71
--	----

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ В МАШИНОБУДУВАННІ, ТРАНСПОРТІ ТА ГІРНИЦТВІ

ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО НАПРЯМУ РОЗВИТКУ ГІРНИЧИХ РОБІТ НА ОСНОВІ ВРАХУВАННЯ ТЕНЗОРІВ ІНТЕНСИВНОСТІ ТРИЩИНУВАТОСТІ <i>Р. В. Соболевський, А. В. Камських, А. О. Криворучко</i>	78
--	----

ВСТАНОВЛЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ УМОВ ФОРМУВАННЯ ВОДОКРИЖАНОГО СТРУМЕНЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЙОГО РІЗАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ <i>О. Ф. Саленко, Г. В. Габузян, В. Т. Щетинін, В. В. Ткачук</i>	83
---	----

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО ВАРИАНТА ИСПОЛНЕНИЯ ШТАМПОВОЙ ОСНАСТКИ ДЛЯ ВЗРЫВНОЙ МЕТАЛЛООБРАБОТКИ <i>В. В. Драгобецкий, Е. А. Наумова, С. В. Шлык, Р. И. Рей, Ю. С. Саленко</i>	92
--	----

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВИБРАЦИОННОГО УПЛОТНЕНИЯ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ <i>Жанар Батсайхан</i>	99
---	----

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РИСКОВ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ И ЗАРЯДКЕ ЭМУЛЬСИОННЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ МЕСТНОГО ПРИГОТОВЛЕНИЯ В СООТВЕТСТВИИ СО СТАНДАРТАМИ ЕВРОСОЮЗА <i>Р. В. Закусило</i>	105
--	-----

ДОСЛІДЖЕННЯ СИЛ І МОМЕНТІВ, ЩО ДІЮТЬ У ПЛАНЕТАРНОМУ ВІБРАЦІЙНОМУ ЗБУДЖУВАЧІ КОЛИВАНЬ <i>Р. А. Вакуленко, В. В. Воробйов, Л. М. Ахметова</i>	110
---	-----

**ELECTROMECHANICAL SYSTEMS AND AUTOMATION.
ELECTRIC MACHINES AND DEVICES. POWER ENGINEERING**

RESEARCH ON INDUCTION MOTOR LOADING SYSTEM USING DOUBLE-SUPPLIED MACHINE <i>A. Kalinov, V. Lyashenko, A. Oksanich, V. Ogar, V. Lotous</i>	9
---	---

OPTIMIZATION OF THE OPERATING MODE OF THE ELECTRIC MECHANICAL SYSTEMS OF THE GRAIN CLEANING MACHINES <i>O. Karpova, M. Postnikova</i>	15
---	----

ENERGY- AND RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES

TECHNICAL AND ECONOMIC ASPECTS OF THE ELECTRIC VEHICLES USE IN POWER NETWORKS OF UKRAINE <i>I. Lutsenko, P. Tsyhan</i>	21
--	----

RESEARCH OF TRENDS OF ALTERNATIVE ENERGY FORMS IN THE CONTEXT OF THE WORLD AND UKRAINIAN SCIENTIFIC ELECTRONIC RESOURCES' ANALYSIS <i>V. Dyuzhev, S. Suslikov, D. Bolshakov</i>	31
---	----

INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES. MATHEMATICAL MODELING

MATHEMATICAL MODEL WITH COMPLEX HEAT TRANSFER CONDITIONS IN THE SPHERICAL AREA <i>V. Lyashenko, E. Kobilskaya, O. Demyanchenko</i>	37
--	----

INFLUENCE OF ANISOTROPY, THERMAL SENSITIVITY AND HIGH-TEMPERATURE HEAT EXCHANGE ON THE THERMONALIZED STATE OF A QUILL CYLINDER <i>Y. Zaytsev</i>	44
--	----

MODEL AND METHOD OF A MULTI-LEVEL RECOGNITION SYSTEM CONSTRUCTION <i>I. Shevchenko, N. Shkarupa, M. Gonchar</i>	54
--	----

EVALUATION OF PERSONAL CREDITABILITY ON THE BASIS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS <i>M. Smirnova, Hu Xiaohui, A. Judina</i>	64
--	----

DEVELOPMENT OF FORMAL THEORY OF ARTICLES OF THE LAND CODE OF UKRAINE AND ITS ALGORITHMIZATION <i>M. Kukhar</i>	71
--	----

**ADVANCED TECHNOLOGIES IN MACHINE CONSTRUCTION,
TRANSPORT AND MINING INDUSTRIES**

JUSTIFICATION OF THE RATIONAL DIRECTION OF MINING DEVELOPMENT BASED ON THE ACCOUNT OF FRACTURING INTENSITY TENSORS <i>R. Sobolevskiy, O. Kamskykh, A. Krivoruchko</i>	78
---	----

DETERMINATION OF RATIONAL CONDITIONS FOR FORMATION OF A WATER-ICE JET FLOW WITH THE SETTING OF ITS CUTTING PROPERTIES <i>O. Salenko, G. Gabuzyan, V. Shchetynin, V. Tkachuk</i>	83
---	----

DETERMINATION OF THE RATIONAL VARIANT OF THE STAMPING TOOL MANUFACTURING FOR EXPLOSIVE METAL WORKING <i>V. Dragobetsky, E. Naumova, S. Shlyk, R. Peyi, Yu. Salenko</i>	92
--	----

THEORETICAL FOUNDATIONS OF THE VIBRATION COMPACTION OF CONCRETE MIXTURES <i>Janar Batsaikhan</i>	99
---	----

DETERMINATION OF RISKS IN TRANSPORTATION AND CHARGING OF LOCALLY PREPARED EMULSION EXPLOSIVES UNDER THE CONFORMITY WITH THE STANDARDS OF THE EUROPEAN UNION <i>R. Zakusylo</i>	105
---	-----

RESEARCH OF FORCES AND MOMENTS ACTING IN PLANETARIAN VIBRATION EXCITER <i>R. Vakulenko, V. Vorobyov, L. Akhmetova</i>	110
--	-----

УДК 621.311.664.73

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ ЗЕРНООЧИСНИХ АГРЕГАТІВ

О. П. Карпова

Державний вищий навчальний заклад «Мелітопольський промислово-економічний коледж»
вул. 50-річчя Перемоги, 19, м. Мелітополь, Запорізька область, 72313, Україна.
E-mail: a.karпова1503@gmail.com

М. В. Постнікова

Таврійський державний агротехнологічний університет
просп. Б. Хмельницького, 18, м. Мелітополь, Запорізька область, 72310, Україна.
E-mail: postnikova070263@gmail.com

Виконано дослідження оптимізаційних режимів роботи електромеханічних систем зерноочисного агрегату ЗАВ-40 з використанням теорії планування математичного експерименту з пошуком оптимальних значень функції цілі. В основу досліджень покладено положення теорії планування математичного експерименту. Отримано адекватні рівняння регресії другого порядку параметра оптимізації в функції змінних факторів, що дозволило визначити мінімальні питомі витрати електроенергії при очищенні зерна агрегатом ЗАВ-40. Вперше отримано залежності питомих витрат електроенергії агрегатом ЗАВ-40, які забезпечують оптимізацію питомих витрат електроенергії при дотриманні агротехнічних вимог до якості очищеного зерна. Запропонована методика дозволила одержати мінімально можливі значення питомих витрат електроенергії на потокових лініях агрегату ЗАВ-40 з урахуванням впливу змінних факторів. Це дозволило розробити науково-обґрунтовані норми витрати електроенергії для технологічних схем очищення зерна агрегатом ЗАВ-40. Бібл. 11, табл. 2, рис. 3.

Ключові слова: енергозбереження, електропривод, економія електроенергії, нормування електроенергії, багатофакторний експеримент, планування експерименту.

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ

А. П. Карпова

Государственное высшее учебное заведение «Мелитопольский промышленно-экономический колледж»
ул. 50-летия Победы, 19, г. Мелитополь, Запорожская область, 72313, Украина.
E-mail: a.karпова1503@gmail.com

М. В. Постнікова

Таврический государственный агротехнологический университет
просп. Б. Хмельницкого, 18, г. Мелитополь, Запорожская область, 72310, Украина.
E-mail: postnikova070263@gmail.com

Выполнено исследование оптимизационных режимов работы электромеханических систем зерноочистительного агрегата ЗАВ-40 с использованием теории планирования математического эксперимента с поиском оптимальных значений функции цели. В основу исследований положены положения теории планирования математического эксперимента. Получены адекватные уравнения регрессии второго порядка параметра оптимизации в функции переменных факторов, что позволило определить минимальные удельные расходы электроэнергии при очистке зерна агрегатом ЗАВ-40. Впервые получены зависимости удельных расходов электроэнергии агрегатом ЗАВ-40, которые обеспечивают оптимизацию удельных расходов электроэнергии при соблюдении агротехнических требований к качеству очищенного зерна. Предложенная методика позволила получить минимально возможные значения удельных расходов электроэнергии на поточных линиях агрегата ЗАВ-40 с учетом влияния переменных факторов. Это позволило разработать научно-обоснованные нормы расхода электроэнергии для технологических схем очистки зерна агрегата ЗАВ-40. Библ. 11, табл. 2, рис. 3.

Ключевые слова: энергосбережение, электропривод, экономия электроэнергии, нормирование электроэнергии, многофакторный эксперимент, планирование эксперимента.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Сучасна ситуація на ринку енергоресурсів обумовлює необхідність аналізу ефективності використання енергії при функціонуванні будь-якого виробництва паралельно з урахуванням кількісних і якісних показників. У зв'язку з дефіцитом енергоресурсів виникає необхідність економії енергії взагалі і електроенергії зокрема [1].

Нормативно-технічна база енергозбереження відповідно до Закону України «Про енергозбереження» базується на стандартах, які є основою для застосування економічних заходів керування енергозбереженням. На сьогодні в сфері енергозбереження діє більше 11 стандартів. У стадії розробки перебуває ще ряд стандартів [2].

Один зі шляхів раціональної витрати електроенергії при очищення зерна на потокових лініях зернопунктів сільськогосподарських підприємств – забезпечення номінального завантаження приводних електродвигунів потокових ліній, що забезпечує очищення зерна з мінімальною питомою витратою електроенергії та служить критерієм в оцінці раціонального електроспоживання.

Задача оптимізації процесу очищення зерна на потокових лініях зернопунктів – знайти такі режими роботи потокових ліній очищення зерна, які в діапазоні зміни вхідних параметрів забезпечували мінімум питомих витрат електроенергії [3].

За даними різних джерел енергозатрати на післязбиральну обробку зерна складають 25-30 % від загальних на його виробництво. Основу проблеми подальшого вдосконалення післязбиральної обробки зерна в умовах господарств складають задачі підвищення якості кінцевого продукту та зниження енергоємності процесу.

Зерноочисні агрегати ЗАВ-40 серед технічних засобів комплексної механізації післязбиральної обробки зерна займають одне з перших місць.

В зв'язку з переходом на нові методи господарювання почали формуватися передумови перетворення такого важливого аспекту економічного життя, як енергозбереження, з абстрактного в реальний фактор економіки. Технологія післязбиральної обробки зерна в господарствах впродовж останніх 10-15 років ґрунтується на стаціонарних зерноочисних агрегатах типу ЗАВ-10 – ЗАВ-50, комплексах КЗС-10 – КЗС-50, наявним парком яких переробляється до 60-70 % зерна і насіння у господарствах [4-6].

Для поновлення існуючих технічних засобів ІМЕСГ УААН спільно з ВАТ «Вібросепаратор» створили вітчизняні комплекси для обробки продовольчого та фуражного зерна продуктивністю 25 і 50 т/год. [7]. Незалежно від початку впровадження нових агрегатів і комплексів ще багато років основна маса зерна буде очищатися на обладнанні, яке мають господарства, тому необхідно прийняти ряд додаткових заходів по його реконструкції для того, щоб забезпечити працездатність старого обладнання при мінімальних питомих витратах електроенергії.

Метою статті є дослідження оптимізаційних режимів роботи електрообладнання зерноочисного агрегату ЗАВ-40.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Для дослідження взаємодії різних факторів на енергоємність процесу очищення зерна на агрегаті ЗАВ-40 були використані методи планування математичного експерименту (ПМЕ) [8, 9].

Назва методу пояснюється тим, що методологія перебудови вихідної математичної моделі об'єкта дослідження повністю заснована на використанні математичного апарата і методики класичної теорії планування експерименту [8]. При цьому в методі ПМЕ під «експериментом» мається на увазі сукупність аналітичних розрахунків значень функції цілі або параметра оптимізації за допомогою математичної моделі об'єкта відповідно до порядкових значень факторів, представлених в матриці прийнятого плану експерименту. Важлива також особливість методу ПМЕ полягає в наступному. Оскільки результати розрахунків значень функції цілі «у» по вихідній математичній моделі об'єкта являють собою однозначні величини, то при використанні методу ПМЕ буде відсутня дисперсія відтворюваності «дослідів» $S_B^2\{y\}$ і відпадає необхідність проведення паралельних дослідів при тих самих значеннях факторів і рандомізації «дослідів» при їхньому проведенні.

Відсутність дисперсій відтворюваності функції цілі не дозволяє одержати математичний опис об'єкта дослідження у вигляді рівнянь регресії з обмеженим числом членів, оскільки не представляється

можливим проводити статистичну оцінку значущості коефіцієнтів і адекватності рівняння. Тому при використанні методу ПМЕ дисперсія відтворюваності $S_B^2\{y\}$ вводиться штучно і визначається по величині прийнятої допустимої помилки розрахунків, тобто

$$S_B^2\{y\} = \sigma^2 = (3\sigma)^2, \quad (1)$$

де σ^2 – дисперсія помилки; σ – стандарт або середня квадратична помилка.

Звичайно задаються дисперсією помилки, рівною двом-трьом стандартам σ , як це показано в (1). У цьому випадку всі передумови регресійного аналізу дотримуються.

Для нормального закону розподілу стандарт приймається рівним $\sigma = \sqrt{\sigma^2}$. Вважаючи, наприклад, що $\sigma = 0,02$, тобто помилка розрахунків становить 2 %, то величина штучно прийнятої дисперсії буде дорівнювати

$$S_B^2\{y\} = (3\sigma)^2 = (3 \cdot 0,02)^2. \quad (2)$$

Так як залежність питомих витрат електроенергії від продуктивності нелінійна [8, 9], тому для отримання рівняння регресії використовувалися плани другого порядку. Вибір факторів, інтервалів варіювання, рівнів був проведений на основі аналізу апріорної інформації. В якості змінних факторів вибрані: x_1 – продуктивність агрегату, т/год.; x_2 – приєднана потужність електродвигунів потокової лінії агрегату, кВт; x_3 – коефіцієнт завантаження електродвигунів потокової лінії і вибрані у відповідності з реальними можливостями налагодження робочих машин потокових ліній (табл. 1).

Таблиця 1 – Рівні факторів та інтервали варіювання факторів для зерноочисного агрегату ЗАВ-40

Рівні варіювання факторів	Фактори в нормованих одиницях	Фактори в фізичних одиницях		
		Q, т/год. X_1	P, кВт X_2	K_{Σ} , відн. од. X_3
Верхній $X_{i,v}$	$x_{i,v} = +1$	40,0	45,0	0,8
Нижній $X_{i,n}$	$x_{i,n} = -1$	20,0	25,0	0,5
Базовий $X_{i,0}$	$x_{i,0} = 0$	30,0	35,0	0,65
Інтервали варіювання ΔX_i	$\Delta x_i = \pm 1$	10,0	10,0	0,15
Розміри зіркового плеча				
+ α	+1,215	42,85	47,15	0,832
- α	-1,215	17,85	22,85	0,468

Нормалізація факторів проводилась за формулою [8, 9]

$$x_i = \frac{X_i - X_{i,0}}{\Delta X_i}. \quad (3)$$

Відповідно до (3) нормовані значення факторів на різних рівнях будуть дорівнювати

$$x_{i,0} = \frac{X_{i,0} - X_{i,0}}{\Delta X_i} = 0; \quad x_{i,v} = \frac{X_{i,v} - X_{i,0}}{\Delta X_i} = +1;$$

$$x_{i,n} = \frac{X_{i,n} - X_{i,0}}{\Delta X_i} = -1. \quad (4)$$

При рішенні задачі оптимізації складних об'єктів дослідження для адекватного опису області оптимуму, як правило, використовуються поліноми другого порядку виду

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i \cdot x_i + \sum_{i < j} b_{ij} \cdot x_i \cdot x_j + \sum_{i=1}^n b_{ii} x_i^2 + \dots, \quad (5)$$

де y – функція цілі; b_0, b_i, b_{ij}, b_{ii} – коефіцієнти рівняння регресії; x_i, x_j, x_i^2 – нормовані значення факторів.

Така математична модель може бути отримана на основі планів другого порядку, наприклад, ортогонального центрального композиційного плану (ОЦКП) або ротатабельного центрального композиційного плану (РЦКП), а також D – оптимальних планів.

В [8, 9] рекомендуються для рішення задач оптимізації плани ОЦКП другого порядку. ОЦКП – це планування експерименту на п'яти рівнях, які в нормалізованих одиницях можна представити у вигляді

$$1) -\alpha; \quad 2) -1; \quad 3) 0; \quad 4) +1; \quad 5) +\alpha, \quad (6)$$

де α – розмір плеча зіркових точок.

Проводилась статистична обробка даних. Для ортогонального центрального композиційного плану (ОЦКП) другого порядку критерієм оптимізації є ортогональність всіх вектор-стовбців матриці плану, включаючи і вектор-стовбці для всіх квадратичних членів x_i^2 ($i = 1, 2 \dots$) і нульового члена x_0 .

В результаті проведених досліджень [10, 11] була отримана математична модель, що описує залежність функції відгуку (питомих витрат електроенергії) від вхідних параметрів $\tilde{y} = f(x_1, x_2, x_3)$ для ЗАВ-40 у вигляді рівняння регресії другого порядку.

$$\begin{aligned} \tilde{y} = & 1,012 - 0,313x_1 + 0,283x_2 + 0,228x_3 - \\ & - 0,102x_1x_2 - 0,082x_1x_3 + 0,07x_2x_3 - \\ & - 0,102x_1^2 + 0,084x_2^2 + 0,084x_3^2. \end{aligned} \quad (7)$$

Аналіз рівняння (7) показує, що функція питомої витрати електроенергії має екстремум. У фізично допустимому діапазоні режимів роботи потокової лінії функція питомої витрати електроенергії безперервна і не має інших точок екстремуму, а отже, в розрахункових точках мінімуму функція досягає найменшого значення [8, 9].

Задачі статичної оптимізації об'єктів вирішуються пошуковими методами. Існують також математичні перетворення, що дозволяють одержати графічну і аналітичну інтерпретацію області оптимуму. Для цих цілей використовують канонічне перетворення математичної моделі і метод двовимірних перерізів поверхні відгуку.

По рівнянню (7) були розраховані питомі витрати електроенергії потокових ліній агрегату ЗАВ-40 в залежності від продуктивності агрегату, потужності і коефіцієнта завантаження електрообладнання, в результаті чого були отримані відповідні теоретичні поверхні відгуку.

Для проведення аналізу рівняння (7) методом двовимірних перерізів, отримане рівняння регресії другого порядку було диференційовано по кожному фактору і прирівняне до нуля.

$$\frac{\partial \tilde{y}}{\partial x_1} = -0,313 - 0,102x_2 - 0,082x_3 - 0,204x_1 = 0;$$

$$\frac{\partial \tilde{y}}{\partial x_2} = 0,283 - 0,102x_1 + 0,07x_3 + 0,168x_2 = 0;$$

$$\frac{\partial \tilde{y}}{\partial x_3} = 0,228 - 0,082x_1 + 0,07x_2 + 0,168x_3 = 0.$$

Вирішивши систему рівнянь, отримали координати центра в кодованих одиницях

$$x_{1S} = -0,396; \quad x_{2S} = -1,548; \quad x_{3S} = -0,906;$$

$$y_S = 0,894,$$

яким відповідають наступні значення факторів і функції цілі в фізичних одиницях

$$Q = 40 \text{ т/год.}; \quad P = 25 \text{ кВт}; \quad K_3 = 0,583.$$

Оптимальне значення функції цілі відповідає $W_{\text{пит.}} = 0,894 \text{ кВт}\cdot\text{год./т}$.

Були розглянуті можливі двовимірні перерізи, які мають найбільше практичне значення для питомої витрати електроенергії в залежності від продуктивності агрегату Q , т/год., приєднаної потужності P , кВт, і коефіцієнта завантаження K_3 , в.о, електродвигунів.

1. Двовимірний переріз поверхні відгуку, що характеризує показники приєднаної потужності P , кВт, і коефіцієнта завантаження K_3 , в.о, електродвигунів поданий на рис. 1

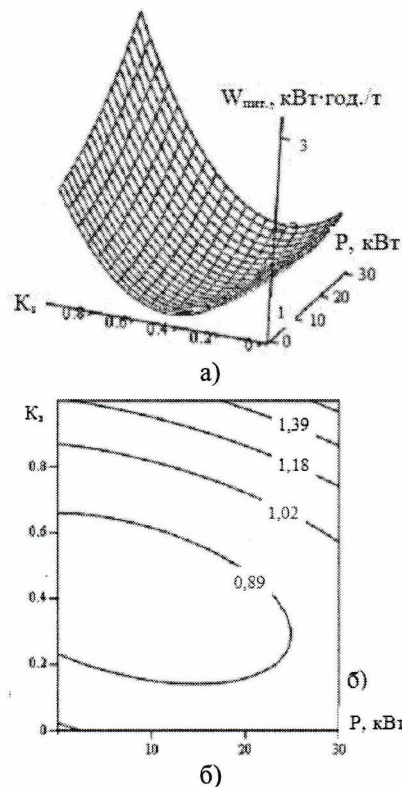


Рисунок 1 – Поверхня відгуку функції цілі (а) та її двовимірні перерізи (б) для ЗАВ-40 при $x_1 = 0$

При $x_1 = 0$

$$\frac{\partial \tilde{y}}{\partial x_2} = 0,283 + 0,07x_3 + 0,168x_2 = 0;$$

$$\frac{\partial \tilde{y}}{\partial x_3} = 0,228 + 0,07x_2 + 0,168x_3 = 0;$$

$$x_{2S} = -1,35; x_{3S} = -0,79; y_S = 0,73,$$

що відповідає значенням факторів і функції цілі в фізичних одиницях

$$P = 21,5 \text{ кВт}; K_3 = 0,5 \text{ і } W_{\text{пит.}} = 0,73 \text{ кВт}\cdot\text{год./т.}$$

Для канонічного перетворення рівняння вирішувалася система

$$f(B) = \begin{vmatrix} 0,168 - B & 0,5 \cdot 0,07 \\ 0,5 \cdot 0,07 & 0,168 - B \end{vmatrix} = \\ = (0,168 - B)(0,168 - B) - 0,0012 = 0.$$

Власними числами даного характеристичного рівняння будуть $B_{22} = 0,13, B_{33} = 0,206$.

Канонічне рівняння буде мати вигляд

$$Y - 0,73 = 0,13X_2^2 + 0,206X_3^2.$$

2. Двовимірний переріз поверхні відгуку, що характеризує показники продуктивності агрегату Q, т/год., і коефіцієнта завантаження K_3 , в.о, електродвигунів поданий на рис. 2.

При $x_2 = 0$

$$\frac{\partial \tilde{y}}{\partial x_1} = -0,313 - 0,082x_3 - 0,204x_1 = 0;$$

$$\frac{\partial \tilde{y}}{\partial x_3} = 0,228 - 0,082x_1 + 0,168x_3 = 0;$$

$$x_{1S} = -0,83; x_{3S} = -1,76; y_S = 0,94,$$

що відповідає значенням факторів і функції цілі в фізичних одиницях

$$Q = 31,7 \text{ т/год.}; K_3 = 0,39 \text{ і } W_{\text{пит.}} = 0,94 \text{ кВт}\cdot\text{год./т.}$$

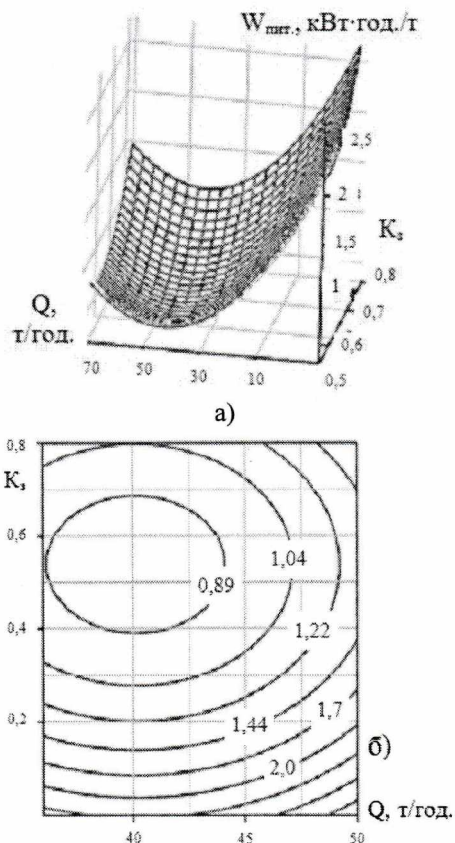


Рисунок 2 – Поверхня відгуку функції цілі (а) та її двовимірні перерізи (б) для ЗАВ-40 при $x_2 = 0$

Для канонічного перетворення рівняння вирішувалася система

$$f(B) = \begin{vmatrix} -0,204 - B & -0,5 \cdot 0,082 \\ -0,5 \cdot 0,082 & 0,168 - B \end{vmatrix} = \\ = (-0,204 - B)(0,168 - B) - 0,0017 = 0.$$

Власними числами даного характеристичного рівняння будуть $B_{11} = -0,208, B_{33} = 0,172$.

Канонічне рівняння буде мати вигляд

$$Y - 0,941 = -0,208X_1^2 + 0,172X_3^2.$$

3. Двовимірний переріз поверхні відгуку, що характеризує показники продуктивності агрегату Q, т/год., і приєднаної потужності електродвигунів P, кВт, поданий на рис. 3.

При $x_3 = 0$

$$\frac{\partial \tilde{y}}{\partial x_1} = -0,313 - 0,102x_2 - 0,204x_1 = 0;$$

$$\frac{\partial \tilde{y}}{\partial x_2} = 0,283 - 0,102x_1 + 0,168x_2 = 0;$$

$$x_{1S} = -0,53; x_{2S} = -2,01; y_S = 0,81,$$

що відповідає значенням факторів і функції цілі в фізичних одиницях

$$Q = 24,7 \text{ т/год.}; P = 4,9 \text{ кВт і } W_{\text{пит.}} = 0,81 \text{ кВт}\cdot\text{год./т.}$$

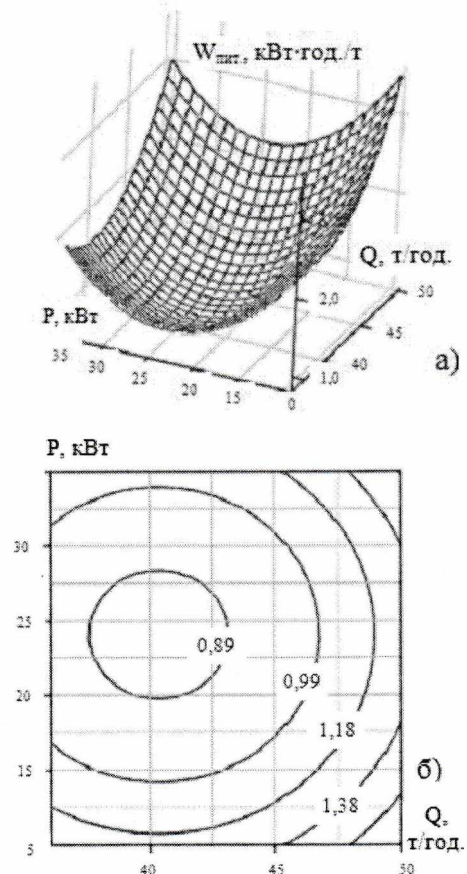


Рисунок 3 – Поверхня відгуку функції цілі (а) та її двовимірні перерізи (б) для ЗАВ-40 при $x_3 = 0$

Для канонічного перетворення рівняння вирішувалася система

$$f(B) = \begin{vmatrix} -0,204 - B & -0,5 \cdot 0,102 \\ -0,5 \cdot 0,102 & 0,168 - B \end{vmatrix} = \\ = (-0,204 - B)(0,168 - B) - 0,0026 = 0.$$

Власними числами даного характеристичного рівняння будуть $B_{11} = -0,21$, $B_{22} = 0,174$.

Канонічне рівняння буде мати вигляд

$$Y - 0,81 = -0,21X_1^2 + 0,174X_2^2.$$

Проведені дослідження дозволили розробити науково-обґрунтовані норми питомої витрати електроенергії для технологічних схем очистки зерна на агрегаті ЗАВ-40 (табл. 2) [10, 11], які були обговорені та схвалені на технічній раді Запорізького обласного, Мелітопольського районного управління сільського господарства та Великолепетиського районного управління сільського господарства Херсонської області.

Таблиця 2 – Рекомендовані науково-обґрунтовані норми витрати електроенергії при очищенні зерна на потокових лініях зерноочисного агрегату ЗАВ-40

Технологічні схеми	Продуктивність, т/год.	Рекомендовані норми, кВт·год./т
1 Одна лінія з трієром	15,0	1,347
2 Одна лінія без трієра	20,0	0,902
3 Дві лінії з трієрами	30,0	1,342
4 Дві лінії без трієрів	40,0	0,901

Рекомендовані науково-обґрунтовані норми електроспоживання призначені для планово-економічних відділів обласних управлінь сільського господарства для планування і контролю витрати електроенергії на технологічні процеси дороблювання зерна на потокових лініях зернопунктів півдня України. Аналогічні дослідження проводяться для інших зерноочисних агрегатів, які випускає промисловість.

ВИСНОВКИ. 1. Проведені експериментальні та теоретичні дослідження технологічних процесів очищення зерна показали, що найбільш інформативним показником для визначення енергозберігаючих режимів роботи електромеханічних систем зернопунктів є енергоємність процесу очищення зерна.

2. Двовимірні перерізи поверхні відгуку функції цілі, які отримані в результаті обробки математичної моделі агрегату ЗАВ-40, дозволили визначити оптимальні фактори і раціональні рівні їх варіювання. Визначено, що мінімальні питомі витрати електроенергії в цілому по агрегату будуть, якщо значення факторів, які найбільше впливають на питомі витрати

електроенергії будуть наступні: $Q = 40$ т/год.; $P = 25$ кВт; $K_3 = 0,583$; $W_{\text{пит.}} = 0,894$ кВт·год./т.

3. Науково-обґрунтовані норми витрати електроенергії різних технологічних схем очищення зерна пшениці на потокових лініях ЗАВ-40, що рекомендуються, наступні:

- одна лінія з трієром $W_{\text{пит.}} = 1,347$ кВт·год./т;
- одна лінія без трієра $W_{\text{пит.}} = 0,902$ кВт·год./т;
- дві лінії з трієрами $W_{\text{пит.}} = 1,342$ кВт·год./т;
- дві лінії без трієрів $W_{\text{пит.}} = 0,901$ кВт·год./т.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кремнев А.Н. Сегодня и завтра в послеуборочной обработке зерна и подготовке семян // Техника и оборудование для села. – октябрь, 2001. – С. 38–41.
2. Головкин С.Г. Краткий анализ зарубежного законодательства по контролю энергопотребления // Энергосбережение. – 2001. – № 9–10. – С. 14–16.
3. Комплексная механизация послеуборочной обработки зерна и подготовки семян // Техника и оборудование для села. – март, 2002. – С. 11–15.
4. Зюлин А.Н., Чижигов А.Г. Перспективы механизации послеуборочной обработки и хранения зерна и семян // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2002. – № 6. – С. 10–14.
5. Технічні засоби для зберігання зерна в господарствах України / Б.І. Котов, Є.О. Коваль, Л.І. Шустик // Пропозиція. – 1999, № 10. – С. 10–12.
6. Михайлов Е.В. Послеуборочная обработка зерна в хозяйствах южных районов Украины. – Симферополь: 2005. – 204 с.
7. Проблемы и перспективы использования агрегатов ЗАВ и комплексов КЗС / В.М. Дринча, В.С. Стягов, Б.И. Шахсаидов, С.В. Ратенков // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2002. – № 3. – С. 31–33.
8. Назарьян Г.Н. Практический курс планирования эксперимента. – Мелітополь: ТГАТА, 1999. – 66 с.
9. Рішення задач оптимізації об'єктів дослідження методом планування математичного експерименту / Г.Н. Назар'ян, М.В. Постнікова, О.П. Карпова. – Мелітополь: «Люкс», 2012. – 68 с.
10. Постнікова М.В. Розробка науково-обґрунтованих норм енергоємності при обробці зерна на зернопунктах // Проблеми автоматизованого електроприводу. Теорія і практика: Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Тематичний збірник наукових праць. – Харків, 2008. – № 30. – С. 511–512.
11. Научное обоснование удельных расходов электроэнергии при очистке зерна методом математического планирования эксперимента / В.А. Дидур, Е.П. Масюткин, М.В. Постникова, В.А. Масловский // Праці інституту електродинаміки НАН України. – Київ, 2008. – Вип. 19. – С. 94–98.

OPTIMIZATION OF THE OPERATING MODE OF THE ELECTRIC MECHANICAL SYSTEMS OF THE GRAIN CLEANING MACHINES

O. Karpova

State higher educational establishment «Melitopol college of industry and economics»
vul. th 50 Victory, 19, Melitopol, 72313, Ukraine. E-mail: a.karpova1503@gmail.com.

M. Postnikova

Tavria State Agrotechnological University
prosp. B. Khmel'nitskogo, 18, Melitopol, 72310, Ukraine. E-mail: postnikova070263@gmail.com

Purpose. To study the optimization modes of the electric drives of the study of the theory of planning a mathematical experiment under multi factorial influence with oh the search for optimal values of the objective function on the basis of adequate mathematical models in the form of regression equations of the second order; to find operation modes of the follow lines grain cleaning, which in the range of changes in input parameters have provided a minimum of specific energy consumption. The basis of the problem of further improvement of past-harvesting of grain in the conditions of farms is the task of improving the quality of the final product and reducing the energy intensity of the process. **Methodology.** To conduct the research, the theory of the mathematical experiment planning has been used. **Results.** The corresponding regression equations of the second order optimization parameters have been received for electricity consumption for technological process of grain cleaning in the function of variable factors; performance grain cleaning unit, power consumption and coefficient download electric motors streaming line treatment drain that allowed determining the minimum specific electricity consumption in ZAV-40 cleaning grain unit. **Originality.** For the first time dependencies of specific electricity consumption have been calculated taking into account the actual loading of electric motors which ensure optimization of specific electricity while complying with agro technical requirements for the quality of purified grains. **Practical value.** The proposed method has allowed to get the lowest possible values unit costs electricity at ZAV-40 cleaning grain streaming lines grain-harvesting unit taking into account the influence of variables. It has allowed develop scientifically grounded norms of specific electricity consumption for technological schemes of grain purification on ZAV-40 unit, which have been discussed and approved by the technical council of the Zaporizhzhia District, Melitopol Regional Department of Agriculture and Velikolepetiskii District Agricultural Department of Kherson region. References 11, tables 2, figures 3.

Key words: energy saving, electric, energy saving, regulation of electricity, multivariate, experiment, planning experiment.

REFERENCES

1. Kremnev, A.N., (2001), "Segodnja i zavtra v posleuborochnoj obrabotke zerna i podgotovke semjan", *Tehnika i oborudovanie dlja sela*, oktjabr', pp. 38-41.
2. Golovko, S.G., (2001), "Kratkij analiz zarubezhnogo zakonodatel'stva po kontrolju jenerGOPotreb- lenija", *JenerGosberezhenie*, no. 9-10, pp. 14-16.
3. "Kompleksnaia mekhanizatsiia posleuborochnoi obrabotki zerna i podgotovki semian", *Tekhnika i oborudovanie dlja sela*, mart, 2002, pp. 11-15.
4. Zjulin, A.N., Chizhikov, A.G., (2002), "Perspek- tivny mekhanizatsii posleuborochnoj obrabotki i hranenija zerna i semjan", *Mekhanizatsiia i jelektifikatsiia sel'skogo hozjajstva*, no. 6, pp. 10-14.
5. Kotov, B.I., Koval', Je.O., Shustyk, L.I., (1999), "Tehnichni zasoby dlja zberigannja zerna v gospodarstvah Ukraïny", *Propozycja*, no. 10, pp. 10-12.
6. Mihajlov, E.V. (2005), *Posleuborochnaja obra- botka zerna v hozjajstvah juzhnyh rajonov Ukrainy*, [Posleuborochnaya processing grain in facilities south region Ukraines], Simferopol', Ukraine.
7. Drincha, V.M., Stiagov, V.S., Shakhsaidov, B.I., Ratenkov, S.V., (2002), "Problemy i perspektivy ispol'zovaniia agregatov ZAV i kompleksov KZS", *Traktory i sel'skokhoziaistvennye mashiny*, no. 3, pp. 31-33.
8. Nazar'jan, G.N., (1999), *Prakticheskij kurs planirovanija jeksperimenta* [Practical course of the planning the experiment], Tavria State Agrotechnological University, Melitopol', Ukraine.
9. Nazar'ian, G.N., Postnikova, M.V., Karpova, O.P., (2012), *Rishennia zadach optimizatsii ob'ektiv doslidzhennia metodom planuvannia matematichnogo eksperimentu* [Decision of the problems to optimization object studies by method of the planning the mathemati- cal experiment], Melitopol', "Liuks", Ukraine.
10. Postnikova, M.V., (2008), "Rozrobka naukovob- gbruntovanyh norm energojemnosti pry obrobci zerna na zernopunktah", *Problemy avtomatyzovanogo elektropryvodu. Teorija i praktyka: Visnyk Nacio- nal'nogo tehničnogo universytetu "Harkivs'kyj politehničnyj instytut". Tematychnyj zbirnyk naukovykh prac'*, Harkiv, no. 30, pp. 511-512.
11. Didur, V.A., Masiutkin, E.P., Postnikova, M.V., Maslovskii, V.A. (2008), "Nauchnoe obosnovanie udel'nykh raskhodov elektroenergii pri ochistke zerna metodom matematicheskogo planirovaniia eksperi- menta", *Pratsi institutu elektrodinamiki NAN Ukraini. – Kiïv*, iss. 19, pp. 94-98.

Стаття надійшла 05.12.2017.