

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, УКРАЇНА  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ШТАТУ ПЕНСІЛЬВАНІЯ, США  
УНІВЕРСИТЕТ ВІОВТА ВЕЛИКОГО, ЛИТВА  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ ДОСЛІДНИЦЬКО-ІННОВАЦІЙНИЙ ЦЕНТР  
ІНСТИТУТУ АГРОІНЖЕНЕРІЇ, УГОРЩИНА  
ДОСЛІДНИЦЬКИЙ ІНСТИТУТ АГРОІНЖЕНЕРІЇ, ЧЕСЬКА РЕСПУБЛІКА  
ІНСТИТУТ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ НАН УКРАЇНИ  
БІОЕНЕРГЕИЧНА АСОЦІАЦІЯ УКРАЇНИ  
НАУКОВО-ІННОВАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ ІНЖЕНЕРІЇ АГРОПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА  
ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ  
ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ЕНЕРГЕТИКИ

IV МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА  
КОНФЕРЕНЦІЯ  
«Біоенергетичні системи»  
МАТЕРІАЛИ



29 травня 2020  
Житомир, Україна

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE  
POLISSIA NATIONAL UNIVERSITY, UKRAINE  
NATIONAL UNIVERSITY OF LIFE AND ENVIRONMENTAL  
SCIENCES OF UKRAINE  
THE PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY DEPARTMENT, USA  
VYTAUTAS MAGNUS UNIVERSITY, LITHUANIA  
NATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH AND INNOVATION CENTER  
INSTITUTE OF AGRICULTURAL ENGINEERING, HUNGARY  
RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURAL ENGINEERING,  
CZECH REPUBLIC  
INSTITUTE OF RENEWABLE ENERGY OF THE NAS OF UKRAINE  
BIOENERGY ASSOCIATION OF UKRAINE

IV INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL  
CONFERENCE  
“Bio-energy Systems”  
PROCEEDINGS



May 29, 2020  
Zhytomyr, Ukraine

УДК 620.91:338.439.02

Б63

Рекомендовано до друку Вченою радою Житомирського національного агроекологічного університету, протокол № 10 від 27 травня 2020 р.

ISBN 978-617-7684-36-6

Б63. *Біоенергетичні системи*: Матеріали IV міжнародної науково-практичної конференції «Біоенергетичні системи», 29 травня 2020 р. – Житомир: Поліський національний університет, 2020. – 242 с.

*Bio-energy Systems: Proceedings IV International Scientific and Practical Conference, May 29, 2020.* – Zhytomyr (Ukraine): Polissia National University, 2020. – 242 p.

До збірника увійшли матеріали доповідей учасників IV Міжнародної науково-практичної конференції «Біоенергетичні системи». Висвітлено результати наукових досліджень та практичний досвід щодо вирішення актуальних програм розвитку біоенергетичних систем та комплексів.

Матеріали рекомендовано для науковців, викладачів, фахівців підприємств, аспірантів та студентів.

Відповідальність за зміст поданих матеріалів, точність наведених даних та відповідність принципам академічної доброчесності несуть автори. Зміст даної книги є виключно відповідальністю авторів.

Передрук, тиражування, розповсюдження інформації без дозволу Поліського національного університету забороняється.

Відповідальні за випуск:

*Савелій Кухарець* – директор НІІ інженерії агропромислового виробництва та енергоефективності Поліського національного університету, д.т.н., професор;

*Олександр Медведський* – секретар НІІ інженерії агропромислового виробництва та енергоефективності Поліського національного університету, к.т.н., ст. викл.

ISBN 978-617-7684-36-6

© Колектив авторів, 2020

© Вид-во «Поліського університету», 2020

**Науковий комітет**

**Олег Скидан** – ректор Поліського національного університету університету, д.е.н., професор;

**Людмила Романчук** – проректор із наукової роботи та інноваційного розвитку Поліського національного університету, д.с.-г.н., професор;

**Геннадій Голуб** – професор кафедри тракторів, автомобілів та біоенергосистем НУБіП, д.т.н., професор;

**Степан Кудря** – професор, д.т.н., директор інституту відновлюваної енергетики НАН України;

**Григорій Гелетуха** – голова правління Біоенергетичної асоціації України;

**Egidijus Šarauskis** – Full member of the Lithuanian Academy of Sciences, professor, Director of Institute of Agricultural Engineering and Safety of Vytautas Magnus University, Lithuania;

**Daniel Edward Ciolkosz** – PH.D., P.E., Assistant Research Professor of Agricultural and Biological Engineering, The Pennsylvania State University, Department of Agricultural and Biological Engineering, Co-Director, Penn State Center for Biorenewables, USA;

**Petr Jevič** – CSc, prof. h.c. Research Institute of Agricultural Engineering, p.r.i., Czech Republic

**Jonas Čėsna** – assoc. prof. dr., faculty of Agricultural Engineering, Agriculture Academy of Vytautas Magnus University, Lithuania;

**Szalay Kornél** – dr., National Agricultural Research and Innovation Center Institute of Agricultural Engineering, Hungary;

**Іван Грабар** – зав. кафедри процесів, машин та обладнання в агроінженерії, д.т.н., професор;

**Валерій Журавльов** – зав. кафедри вищої та прикладної математики, д.ф.-м.н., професор;

**Савелій Кухарець** – директор III інженерії агропромислового виробництва та енергоефективності Поліського національного університету, д.т.н., професор;

**Богдан Шелудченко** – професор кафедри механіки та інженерії агроекосистем, к.т.н., професор.

**Організаційний комітет**

**Ярослав Ярош** – декан факультету інженерії та енергетики Поліського національного університету, д.т.н, доцент;

**Олександр Медведський** – секретар III інженерії агропромислового виробництва та енергоефективності Поліського національного університету, к.т.н., ст. викл.;

**Олександр Ковальчук** – декан факультету обліку та фінансів, к.е.н., доц.

**Олена Сукманюк** – заступник декана факультету інженерії та енергетики, к.і.н., доцент;

**Наталія Цивенкова** – заступник декана факультету інженерії та енергетики з наукової роботи, к.т.н., доцент;

**Василь Савченко** – зав. кафедри машиновикористання та сервісу технологічних систем, к.т.н., доцент;

**Юрій Гончаренко** – зав. кафедри електрифікації, автоматизації виробництва та інженерної екології, к.т.н., доцент;

**Олег Плужніков** – інженер кафедри механіки та інженерії агроекосистем;

**Віктор Білецький** – доцент кафедри машиновикористання та сервісу технологічних систем, к.т.н., доцент

## ЗМІСТ

<b>Автори/Authors</b>	<b>Назва/Title</b>	<b>С./P.</b>
<i>Daniel Ciolkosz, Savelii Kukharets, Jaya Tripathi</i>	Torrefied Biomass in a Ukrainian Biofuel Production System	9
<i>Georgii Geletukha, Semen Drahniiev, Tetiana Zheliezna, Anatolii Bashtovyi</i>	Analysis of Corn Residues Harvesting Technologies for Energy Facilities	14
<i>Petr Jevič, Gennadii Golub, Antonín Machálek Jiří Souček</i>	Development of the Process of Plant Biomass Pyrolysis in Agroecosystems	18
<i>Скидан О.В., Кухарець С.М., Ярош Я.Д., Ковальчук О.Д.</i>	Космічні системи в аграрному виробництві	21
<i>Кваша С.М., Мельник Н.В.</i>	Дослідження ланцюгу виробництва та поставок біоетанолу з сільсько-господарських енергетичних культур в Україні	24
<i>Georgii Geletukha, Tetiana Zheliezna, Semen Drahniiev, Anatolii Bashtovyi</i>	Long-Term Strategy of Bioenergy Development in Ukraine	29
<i>Bratishko V. V., Rebenko V. I., Shulga S. M., Tigunova O. A.</i>	Perspective Ways to Increase the Feed and Energy Value of Plant Raw Materials	33
<i>Romasevych Yu. O., Loveikin V. S., Liashko A. P.</i>	Converting a Matrix Transfer Function Into the System of Differential Equations (Illustrated By Wood-Berry Column)	37
<i>Romasevych Yu. O., Loveikin V. S., Mushtyn D. I.</i>	Experimental Data Processing Technique	39
<i>Andrii Zabrodskyi, Egidijus Šarauskis, Antanas Juostas, Sidona Buragienė, Savelii Kukharets</i>	Ущільнення ґрунту – актуальна проблема аграріїв всього світу	41
<i>Г.А. Голуб, О.А. Марус</i>	Розробка біогазового реактора обертового типу для твердофазної ферментації	46
<i>Теслюк В.В.,</i>	Індуктори резистентності на основі хітинових похідних в органічному вирощуванні рослинницької продукції	48
<i>Теслюк В.В.</i>	Передпосівний обробіток важких ґрунтів для сівби цукрових буряків	51
<i>Журавель Д.П.</i>	Концепція енергетичного та кормового забезпечення виробництва продукції тваринництва	53

<i>Абдулін М.З., Кільницька К.О.</i>	Проблеми та тенденції розвитку енергоспоживання на основі відновлюваних джерел енергії в Україні	56
<i>Климчук О.В.</i>	Управлінські засади формування сучасної політики енергетичної безпеки держави	61
<i>Грабар І.Г., Грабар О.І., Крилов А.В., Кіриєнко М.О.,</i>	Сучасні ІТ-інструменти в моделюванні процесів живої і неживої природи	67
<i>Грабар І.Г., Солом'яний О.С., Павлишин О.О.</i>	Система альтернативного постачання електроенергії родової садиби (САПЕРС)	70
<i>Е.Б. Алієв, О.Ю. Алієва, Р.Д. Малєгін</i>	Результати чисельного моделювання кавітаційного диспергатора-гомогенізатора сільськогосподарської сировини рослинного походження	76
<i>Теслюк В.В., Ікальчик М.І., Мироненко І.Г.</i>	Мікобіопреарати в технологіях захисту культурних рослин від хвороб	81
<i>Барановський В.М., Теслюк В.В., Вечера О.М., Долюк В.М.</i>	Аналіз та удосконалення копіра апарата водіння коренезбиральної машини	83
<i>Лімонт А.С.</i>	Про відродження льонарства в Україні та попередники як фактор і складова технології виробництва льону-довгунця	85
<i>Ярош Я.Д., Самчик Р.В.</i>	Структура автономного аграрного виробництва	89
<i>Грабар І.Г., Андросович І.С., Казанцев М.С.</i>	Шляхи підвищення надійності модернізованих машин	92
<i>Ємець Б.В., Мандра В.В.</i>	Оптимізація параметрів та обґрунтування конструкцій пристроїв фільтрування гідравлічної системи коробки передач трактора	95
<i>Краснолуцький П.П., Романишин О.Ю.</i>	До обґрунтування орієнтації лопаті низькооборотної мішалки метантенка	99
<i>Яненко Є.О., Савченко В.М.</i>	Визначення показників надійності відцентрового насоса	104
<i>Волоха М.П</i>	Напрями розробки і удосконалення сучасної збиральної техніки щодо покращення якості бурякоцукрової сировини	108
<i>Морговський С.М., Савченко Л.Г.</i>	Порівняльна характеристика впливу різних джерел асиміляційного освітлення на вегетацію рослин в захищеного ґрунту	112
<i>Полевода Ю.А.</i>	Гліцериномісткі поверхнево-активні речовини в харчовому виробництві	114

<i>Савченко О.В., Савченко Л.Г.</i>	Гігієнічна оцінка впливу мікроклімату в теплиці на виробничий персонал	117
<i>Скляр Р.В.</i>	Особливості анаеробної ферментації різних видів тваринницьких відходів	120
<i>Паламарчук В.Д., Кричковський В.Ю.</i>	Перспективи використання дигістату для підвищення ефективності біогазових комплексів	124
<i>Шелудченко Б.А., Кухарець С.М., Білецький В.Р., Плужников О.Б.</i>	Перспективи використання вітрогенераторних електростанцій в умовах природно-техногенних геоекосистем України	129
<i>Скляр О.Г., Скляр Р.В.</i>	Біогазові станції як екологічно безпечний засіб переробки відходів	132
<i>Бевз О.С.</i>	Показники моніторингу посух в сільському господарстві за допомогою космічних технологій	136
<i>Ярош Я.Д., Кухарець М.М., Ліщук А.В.</i>	Методика виконання досліджень параметрів газогенераторів	139
<i>Тетерук О.Р., Тетерук О.О.</i>	Доцільність вирощування біоенергетичних сортів верби на радіоактивно забруднених територіях	140
<i>Ярош Я.Д., Марчук І.В.</i>	Схема виробництва біодизеля із аграрного вороху	147
<i>Кухарець Савелій, Гнатюк Микола, Шуляк Ольга, Ніколайчук Володимир</i>	Моніторинг стану сонячних панелей за допомогою тепловізора	149
<i>Рассадакіна М.В.</i>	Про рівномірно узагальнено напівнеперервні функціонали	152
<i>Т.Л. Коваль,</i>	Про точність нормальної апроксимації оцінки найменших квадратів для слабо асоційованих випадкових полів	155
<i>Соколовський О.Ф., Поліщук П.А.</i>	Моніторинг фотоелектричних систем	158
<i>Соколовський О.Ф. Бондарчук В.В.</i>	Засоби проектування сонячних електростанцій	162
<i>Нікуленкова Т.В., Азаров М.В.</i>	Встановлення сучасних електрофільтрів на тес для зменшення викидів шкідливих речовин у повітря	166
<i>Вовк В.Ю.</i>	Використання безвідходних технологій як фактор забезпечення екологізації сільського господарства	169
<i>Овдіюк В.М.</i>	Сучасні технологічні проблеми функціонування рас	173
<i>Сукманюк О.М., Венгер П.В.</i>	Ресурсозберігаюча технологія виробництва крупи із зернових культур	177
<i>Сукманюк О.М., Ковальчук Ю.М.</i>	Математична модель руху зернівки по нахиленій площині сепарувальної машини	181
<i>Сукманюк О.М., Мальцев Д.О.</i>	Обґрунтування системи автонапування великої рогатої худоби	184
<i>Лаврищев О.О., Сукманюк О.М., Тарасюк О.В.</i>	Вплив конструкції електрофільтра на ефективність очищення повітря у тваринницькому приміщенні	186

<i>Дерев'янюк Д.А., Кирилюк О.В.</i>	Встановлення фракційного складу компонентів вихідної зернової суміші для аеродинамічного сепаратора сад-4	189
<i>Медведський О.В., Коваль В.В.</i>	Покращення транспортувальних характеристик колекторів доїльних апаратів	191
<i>Коваль В.В.</i>	Оцінка конструкційно-технологічних рішень колекторів доїльних апаратів	193
<i>Єременко О.І., Войналович О.В.</i>	Технічні засоби безпеки на пелетному виробництві	196
<i>Купчук І.М., Андронік В.П.</i>	Перспективи підвищення ефективності функціонування систем акумулювання енергії в галузі вітроенергетики	199
<i>Поліщук В.М., Білецький В.Р.</i>	Оцінка виходу біогазу при сумісному зброджуванні гною великої рогатої худоби з фузом	204
<i>Задорожний І.С., Кравчук Д.О.</i>	Аналіз шляхів підвищення надійності збиральних машин	206
<i>Домінський В.О.</i>	Особливості використання дизельного біопалива в системах живлення common-rail	208
<i>Смолінський С.В.</i>	Аналіз стратегій роботи зернозбирального комбайна в процесі збирання зернових культур	211
<i>Забродський П.М., Шелудченко Б.А.</i>	Дослідження факторів впливу на траєкторію руху частинок ґрунту при обробітку дисковими робочими органами	214
<i>Єременко О.І., Войналович О.В., Лись О.М.</i>	Аналіз небезпек і шкідливостей на виробництві паливних брикетів з біомаси	217
<i>Tryboi O. V.</i>	Prospects of Growing Energy Crops on Marginal Lands for the Production of Heat in Ukraine	220
<i>Erdei A.</i>	The Future of the Railways in Hungary: More Green Electrification, Less Diesel	223
<i>А.В.Новицький, С.З.Хмельовська, А.М.Хмельовський</i>	Напрями забезпечення працездатності машин та обладнання лісового комплексу	228
<i>В.І.Мельник, Ю.Ю.Бабіюк</i>	Світовий досвід формування системи захисту та покращення ґрунтів аграрного призначення	230
<i>Токarchuk D.</i>	Systems Based on Organic Waste of the Agricultural Sector Bioenergy	233
<i>Ярош Я.Д., Кондратюк А.М.</i>	Особливості використання компактних ґрунтообробних знарядь	236



## TORREFIED BIOMASS IN A UKRAINIAN BIOFUEL PRODUCTION SYSTEM

*Daniel Ciolkosz<sup>1</sup>, Savelii Kukharets<sup>2</sup>, Jaya Tripathi<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup> The Pennsylvania State University Department of Agricultural and Biological Engineering, State College PA, USA*

*<sup>2</sup> Polissia National University, Ukraine*

### **Abstract**

Ukraine produces large amounts of crop residues every year, much which could be utilized to produce biofuel. However, efficient supply chains and system configurations are needed to make such systems efficient and cost effective. One option is to integrate torrefaction, power production and biofuel production into a single, coordinated system. This approach allows for high value product (i.e. biofuel), greater utilization of the energy content of the feedstock, and supply chain efficiency. Initial analyses indicate that revenues can be enhanced through this approach, and further analyses and optimization efforts could identify a sustainable approach to renewable fuel and power production for Ukraine.

### **1. Introduction**

Renewable energy development is a significant opportunity for the Ukraine and other countries, due to its positive attributes of reduced greenhouse gas emissions, local economic impact, and enhancement of energy security (Shakya, 2016; UN, 2019). The 2030 European strategy for low carbon development calls for 40% of energy to be produced from renewable sources (EU, 2016). As part of that, a national task of Ukraine is “To increase the amount of energy from the renewable sources in a national energetic balance by means of introduction new capacity of the mechanisms which produce energy from the renewable sources”.

In Ukraine total by-product gross output, which is suitable for use as biofuel, as of 2019 is 49915.8 thousand t., including that of grain crops by-product – 35954,7 thousand t. The estimation as of 2018 showed that by-production potential of the basic crops of plant growing which is available for energetic needs equals to 24738,3 thousand t. of fuel equivalent. The potential of grain crops by-production, available for energy generation equals to 17249 thousand t, of fuel equivalent. But not more than 3% of this potential was used, leaving a

very large amount of this renewable resource unutilized. This low utilization is caused in part by the lack of necessary equipment and technologies. Thus, the development of new technologies for biofuel production and their adaptation to the conditions in Ukraine is essential.

Other challenges that must be addressed for crop residues to be more widely used include the problems connected with biomass non-uniformity, high moisture content, low specific energy content, and low temperature of ash melting (Tsyvenkova et al., 2016, Golub et al., 2018).

One way to address this challenge is to thermally treat the biomass, using a process called torrefaction. Torrefaction is a mild thermal process in which biomass is chemically altered, causing its energy content to rise, equilibrium moisture content to drop, and grindability to improve while reducing the level of contaminants from the feedstock. Thus, torrefaction can have dramatic positive impacts on the quality and value of biomass, rendering it more suitable for use as an energy source (Ciolkosz and Wallace, 2011). While solid fuel combustion for heat and/or power are two notable applications for torrefied biomass, it also has potential to serve as a feedstock for liquid biofuel production (i.e. Sheikh et al, 2013; Normark et al, 2016). Research has recently shown that torrefaction has a dramatic negative impact on glucose yield from wheat straw, but that additional processing, via alkaline pretreatment, can reduce this negative effect (Memis et al, 2020). Thus, potential exists to develop a biofuel sector that takes advantage of the supply chain benefits of torrefaction while still producing high yields of biofuel. In Ukraine, which is known throughout the world for its capability to grow wheat, the large supply of underutilized wheat straw could serve as a feedstock for such a system.

## 2. System Configuration

The supply chain for this system concept consists of three main process locations and two transport processes (Figure 1). In the first step, the biomass is collected from the field. The most likely format at this stage would be large bales (round or square). Following collection, the biomass is transported to a processing facility. This is likely to be a short haul transportation mode, owing to the low bulk density of the material. Upon arrival at the processing center, the biomass will be torrefied, ground and pelletized, and stored in pellet form. The processing center serves a vital role of rendering the feedstock more suitable for transport and providing storage so that the feedstock, available in

the field over a short period of time, can be supplied to the conversion plant at a steady rate.

It is envisioned that multiple processing facilities would serve one conversion plant, though the optimum scale and layout remains to be determined.

However, the torrefaction/pelleting plant is likely to optimize at a scale between 50,000 and 100,000 Mg yr<sup>-1</sup>,

whereas a solid fuel power plant likely optimizes at a fuel use rate in excess of 1.0 x 10<sup>6</sup> Mg yr<sup>-1</sup> and newer first generation ethanol plants are built on a scale of about 1.0 x 10<sup>6</sup> Mg yr<sup>-1</sup>. Transportation to the process plant would be achieved by long haul truck or rail transport, at which point it is unloaded and subjected to conversion to biofuel, heat and power.

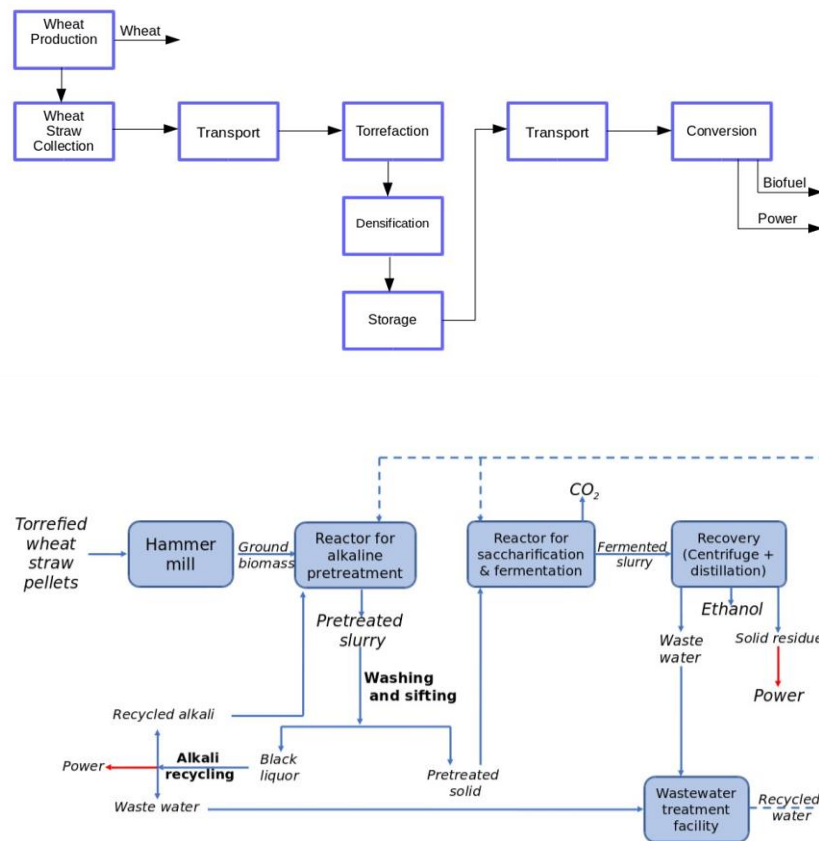


Figure 1. Process Flow Diagrams of Supply Chain (top) and Conversion Process (bottom).

### 3. Discussion

The value proposition of this system is that the cost of torrefaction is compensated for by the reduced storage, transport and grinding costs relative to raw biomass. The approach is also superior to power-only systems, in that the biofuel produced has the potential to dramatically enhance revenues for the project.

The system also provides a platform from which additional products can be produced at scale, including biochemicals, soil amendments and nutrients, and fiber-based products. In some cases, the product may be best suited for

production at the torrefaction plants, whereas other products may be more appropriate for the conversion facility.

*Table 1. Representative Productivity and Revenues, per GJ feedstock.*

	Power only	Power Plus Biofuel
Feedstock Energy Input (GJ per Mg)	22	22
Biofuel Produced (litres)	0	300
Value of Biofuel	0	3564
Net Power Produced (kWh)	1650	840
Value of Power	1336	680
Total Revenue	1336	4244

Notes: Based on 14.85 Hryvnia per litre and 0.81 per kwh, wholesale prices; yield of 300 litres biofuel per Mg, 30% power conversion efficiency, 10% parasitic load for power, 20% parasitic load for biofuel.

While a full study of the technoeconomics of this system remains to be carried out, there are promising indications that torrefied biomass can be delivered to an end user at an equal or lower cost when analyzed on a "per unit energy" basis. Key variables in the analysis include feedstock cost, glucose yield, power generation efficiency, capital cost, operating cost, and incentives/supports for renewable energy production. Since many of these inputs are either unknown or highly variable, sensitivity analysis is needed based on a "most likely scenario" to determine the range of inputs that will result in favorable production conditions. The specific characteristics of the Ukrainian wheat production sector will also likely impact the optimum configuration of such a plant.

The question of scale and layout remains of interest as well, and a thorough logistical study is needed to identify the most suitable configuration. Agricultural operations often benefit from smaller scales of operation, whereas fuel production processes tend to operate profitably only at very large scale. Thus, a balance must be struck between the needs of both ends of the supply chain. The processing center concept helps to balance those needs.

A system such as this also has potential to synergize with other agricultural production systems, such as the production of animal feed, fertilizer, and other bio-based products. The complexities of the Ukrainian agricultural market will need to be reflected carefully in any model that seeks to assess the system's potential.

#### 4. Conclusions

This paper presents a concept for coupling thermal pretreatment (torrefaction with biofuel and power production for the transformation of wheat straw into a value added product for Ukraine. Torrefaction provides supply chain savings, while conversion provides added value to the product. This paradigm has potential to utilize a widely produced waste material into a valuable source of energy and possibly other products for the country.

#### References

- Ciolkosz, D. and Wallace, R. 2011. Torrefaction of Biomass as a Bioenergy Feedstock. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining* 5(3): 317-329.
- EU. 2016. Europe 2020 indicators – climate change and energy. EUROSTAT, State explain, 1–16. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Europe\\_2020\\_indicators\\_-\\_climate\\_change\\_and\\_energy#General\\_overview](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Europe_2020_indicators_-_climate_change_and_energy#General_overview)
- Golub, G.A., Kukharets, S.M., Yarosh, Y.D., and Kukharets, V.V. 2017. Integrated use of bioenergy conversion technologies in agroecosystems. *INMATEH – Agricultural Engineering* 51(1): 93–100. [http://www.inmateh.eu/INMATEH\\_1\\_2017/51-10%20Golub.pdf](http://www.inmateh.eu/INMATEH_1_2017/51-10%20Golub.pdf)
- Memis, B., Ciolkosz, D., Richard, T., and M. Hall. 2020. Impact of Alkali Pretreatment and Torrefaction on Glucose Production From Wheat Straw. Submitted for Publication.
- Normark, M., Pommer, L., Gräsvik, J., Hedenström, M., Gorzsás, A., Winstrand, S. and L. Jönsson, 2016. Biochemical Conversion of Torrefied Norway Spruce After Pretreatment with Acid or Ionic Liquid. *BioEnergy Research* 9(1): 355-368.
- Sheikh, M., Kim, C., Park, H., Kim, S., Kim, G., Lee, J., Sim, S. and J. Kim. 2013. Effect of torrefaction for the pretreatment of rice straw for ethanol production. *J Sci Food Agric.* 2013 Oct; 93(13): 3198-204.
- Tsyvenkova, N.M., Golubenko, A.A., Kukharets, S.M., and Biletsky, V.R. 2016. The research of downdraft gas producer heat productivity on straw, *Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara* 15 (3): 213-21.

## ANALYSIS OF CORN RESIDUES HARVESTING TECHNOLOGIES FOR ENERGY FACILITIES

***Georgii Geletukha, Semen Drahnev, Tetiana Zheliezna, Anatolii Bashtovyi***

*Bioenergy Association of Ukraine, Ukraine*

### **1. Introduction**

Corn has been one of the main agricultural crops in Ukraine during at least the last decade. Despite some fluctuations, the general trend has been the rise in grain corn yield. According to data of 2018, the sown area under corn was 4564 th. ha (which was ~31% of the planted area under all grain and leguminous crops), the production was 35.8 Mt, and the yield was 7.8 t/ha. In 2019, the sown area under corn increased to 4.9 mln. ha, but the average yield decreased to 6.8 t/ha compared with 2018 (SSSU, 2020).

In addition to grain, a considerable amount of corn residues (stalks, leaves, cobs, husks, etc.) are formed. They can be harvested and used for different purposes including bioenergy as agrobiomass. Residue factor (the mass ratio between crop residues and grain of the crop) depends on many factors, primarily on a crop hybrid, but on average, it is 1.3 for corn (UABIO, 2014).

In 2018 the theoretical potential of the corn residues available for energy was 46.5 Mt or 8.9 Mtoe in Ukraine (UABIO, 2020). The economic potential (the amount available for energy, which is 40% of the theoretical potential) was 18.6 Mt or 3.6 Mtoe, including stalks – 9.7 Mt (1.9 Mtoe) and cobs – 3.3 Mt (0.6 Mtoe). Currently, the main method for the harvesting of commercial corn is combine threshing of ears in the field, shredding and spreading of the cut biomass with the use of combine harvesters equipped with corn reapers. Then, several steps are needed for corn residues harvesting.

Industrial corn stover production includes windrowing, baling, and bale collection. The basic machinery systems used for corn residues harvesting in square and round bales are described in the Iowa State University Extension and Outreach report (Darr, 2014).

In addition to the technology of corn residues harvesting in bales, the biomass can be harvested in shredded form. Field experiments of corn stover harvesting with forage harvester and forage loader wagon were carried out in

the Bavarian State Research Centre for Agriculture (Fleschhut, 2016).

The purpose of this study is assessment of different corn residues harvesting systems feasible for Ukrainian conditions.

## 2. System Configuration

Various technologies based on different machinery can be used for corn residues harvesting. However, taking into account equipment available on the market and results of some field trials in the USA and the EU, it is reasonable to perform the technical and economic assessment of four corn stover harvesting technologies:

- SC1 – the three-pass system on the basis of a large square baler: combine + tractor with stalk-shredding windrower + tractor with large square baler;
- SC2 – the three-pass system on the basis of a round baler: combine + tractor with stalk-shredding windrower + tractor with round baler;
- SC3 – forage harvester system: combine + tractor with stalk-shredding windrower + forage harvester + tractor with trailer;
- SC4 – forage wagon system: combine + tractor with stalk-shredding windrower + tractor with forage loader wagon.

## 3. Discussion

Cost-effectiveness of corn residues harvesting depends on the capital cost of machinery and operating costs, which vary according to the specific mass of harvested biomass per unit area of the field, productivity of machines, and distance of the harvested biomass transportation. The distance from the local storage place to the main storage was chosen as 25 km for the harvesting technologies SC1, SC2, SC3, and 10 km for SC4.

From the practical experience, farmers harvest from 2.5 to 5 t d.m. of corn residues from a hectare in the USA. In general, it is possible to assume the collection efficiency of corn stover as 50%. In the following calculations, we consider three scenarios of biomass harvesting: minimum – harvesting of 2.5 t d.m./ha; average – harvesting of 3.5 t d.m./ha; maximum – harvesting of 5.0 t d.m./ha.

The results of the techno-economic assessment of corn residues harvesting in square bales, round bales, and in shredded form based on a forage harvester and a forage loader wagon are given in Table 1. The payback

period of crop residues harvesting projects significantly depends on the weight of biomass harvested per hectare, which also affects the loading of machinery.

**Table 1. Techno-economic assessment of corn residues harvesting.**

Indicators	Harvesting technology					
	Square baler (SC1)			Round baler (SC2)	Forage harvester (SC3)	Forage wagon (SC4)
Corn residues output, t d.m./ha	2.5	3.5	5	3.5		
Productivity of biomass harvesting, t d.m./yr	3920	4802	5880	1551	5390	2924
Capital costs, thous. EUR	261.7	269.6	279.3	127.2	492.3	139.0
Operating costs, thous. EUR/yr	80.5	90.7	103.3	33.0	116.5	55.9
Loan (the share of capital costs), %	60					
Loan rate, %	7					
Corn stover price*, EUR/t d.m.	8.0					
Net cost of biomass bales**, EUR/t d.m.	27.2	24.5	22.3	29.5	28.6	25.2
Sale price of biomass bales***, EUR/t d.m. with VAT	40					
Simple payback period, yr	6.4	4.8	3.7	9.4	8.7	4.6
Discounted payback period (under discount rate of 7%), yr	8.7	5.8	4.2	>10	>10	5.3
IRR, %	12.3	22.5	35.1	1.7	3.3	26.0

Notes: \* The price is determined by cost of the equivalent amount of mineral fertilizers required to replace the nutrients taken away with the biomass from the field.

\*\* The cost includes direct costs of biomass harvesting, corn stover price and deductions for equipment amortization.

\*\*\* The price is equal to the sale price of biomass bales (W25%) of 25 EUR/t without VAT.

Of the considered options, the lowest cost of biomass is 22.3 EUR/t, which corresponds to the harvesting by SC1 technology using a large square baler. The cost of biomass is 25.2 EUR/t when using the forage loader wagon (SC4), 29.5 EUR/t for the round baler system (SC2), 28.6 EUR/t for the self-propelled forage harvesters.



Thus, according to the obtained results, the most economically feasible technology of corn residues harvesting is the use of large square bales that will allow to obtain biomass in the central storage facility at a distance of 25 km from the field at a cost of 22.3 EUR/t d.m. The system for the harvesting of shredded corn residues based on a forage loader wagon is also economically feasible with a simple payback period of 4.6 years and IRR of 26.0%. However, a field research is needed to evaluate the feasibility of using this technology under Ukrainian conditions. Further processing of corn stover into briquettes and pellets will increase the added value of biomass.

#### 4. Conclusions

Techno-economic assessment of four technologies for corn residues harvesting has been performed for large square bales, round bales, and shredded corn stover on the basis of a forage harvester and a forage wagon. The most effective technology is the harvesting of corn residues in the large square bales (simple payback period is 3.7 years, IRR is 35.1% for the scenario of harvesting of 5 t d.m./ha and selling price of corn stover bales of 40 EUR/t d.m. with VAT). For the transportation distance less than 20 km, a forage loader wagon can also be feasibly used.

#### References

- SSSU, 2020. State Statistics Service of Ukraine, 2020. [http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2017/sg/pvzu/arch\\_pvzu.htm](http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2017/sg/pvzu/arch_pvzu.htm)
- UABIO, 2014. Seventh position paper of UABio “Prospects for the use of agricultural residues for energy production in Ukraine” <https://uabio.org/wp-content/uploads/2014/02/Position-paper-UABIO-7-EN.pdf>
- UABIO, 2020. 23<sup>th</sup> position paper of UABio “Analysis of pellets and briquettes production from corn residues” <https://uabio.org/wp-content/uploads/2020/04/position-paper-uabio-23-en.pdf>
- Darr, 2014. Matt Darr, Keith Webster Corn Stover Harvesting Machinery. PM3051A (2014) <https://store.extension.iastate.edu/product/Corn-Stover-Harvesting-Machinery>
- Fleschhut, 2016. Monika Fleschhut, Kurt-Jurgen Hulsbergen, Stefan Thurner, Joachim Eder Analysis of different corn stover harvest systems / LANDTECHNIK, 71 (6), 2016. – 252-270 p.

## DEVELOPMENT OF THE PROCESS OF PLANT BIOMASS PYROLYSIS IN AGROECOSYSTEMS

***Petr Jevič<sup>1</sup>, Gennadii Golub<sup>2</sup>, Antonín Machálek<sup>1</sup>, Jiří Souček<sup>1</sup>***

*<sup>1</sup>Research Institute of Agricultural Engineering, p.r.i. (Czech Republic)*

*<sup>2</sup>National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

Significant greenhouse gases emission when burning fossil fuels persuades to convert to renewable energy sources. Agricultural production is the primary source of both food stuff and biofuel in the world today, and a great deal of potential remains for growth. The Ukraine, in particular, produces a significant amount of agricultural crop residue (straw of grain crops, corn and sunflower's dead stems and others). The authors estimates that gross output of agricultural crop residue in 2019 in Ukraine was 50000 thousand tonn, but not more than 3% of this potential was used, leaving a very large amount of this renewable resource unutilized. This low utilization is caused in part by the lack of necessary equipment and technologies for agricultural producers. Other challenges that must be addressed for crop residues to be more widely used include the problems connected with biomass non-uniformity, high moisture content, low specific energy content, and low temperature of ash melting. A significant drawback of biomass utilization in the process of energy generation is the amount of nitrogen, silicon, sodium, chlorine and other easily melting substances, as compared to other carbohydrates and coal (Golub et al, 2018).

One way to address this challenge is to chemical-thermal conversion of biomass, using a process called pyrolysis. Received fuel can be used in turbines, internal combustion engines, to produce electricity, to burn in heat engineering equipment, etc. In addition to providing clean, renewable energy, this technology has the potential to promote to the creation of additional job opportunities in rural areas of Ukraine. Thus, the development of energy production technology from pyrolysis fuel is of great practical importance. However, for the further development of this technology there is a necessity to study the properties and potential of biomass which are specific to Ukraine, to carry out analysis of the supply chain, to evaluate quality indicators of pyrolysis fuel from biomass, to assess its suitability for thermal and electric energy production and to learn techno-economic indicators of this technology.

Substantial progress in designing pyrolysis equipment and a thorough theoretical study of the process of fuel production from plant-origin matter

indicate that considerable attention to this issue is paid currently. However, there are a number of technical issues that hinder obtaining expected results from the application of pyrolysis technologies because of lack of practical data. The ways to raising calorific value of fuel and intensifying the process pyrolysis of low-grade fuels (e.g. sunflower husk, cob core, grain straw, rape stems as well as briquettes and pellets produced from them) were not found yet. A significant disadvantage of using straw for pyrolysis, compared to carbohydrates and coal, is higher content of nitrogen, silicon, potassium, sodium, chlorine and other fusible substances in it. Presence of fusible substances, especially potassium and sodium salts, leads to creating of a highly adhesive ash and results in building up ash-slag agglomerates on working surfaces of a thermotechnical equipment. When pyrolysis plant biomass there are difficulties associated with the heterogeneity of biomass, relatively high humidity, low specific energy, low melting point of ash. Nevertheless, the straw biomass is an easily accessible feedstock for pyrolysis and, therefore, is the main interest of this study. Several studies on wheat and barley straw pyrolysis were made in the past. They focused mainly on the mass yields. Some of the authors also studied the higher and lower heating values of the products of pyrolysis. However, all of the pyrolysis experiments were conducted under widely different conditions (e.g., diverse types of furnaces and different residence times) which results in inconsistent data. Furthermore, the analytical techniques used to determine the fuel characteristics are varied, too. All these circumstances make a comparison difficult and it is hard to come to unambiguous conclusions (Sedmihradska et al, 2020).

That is why, It is planed to compose an energy balance of biomass pyrolysis. Perform experimental studies on the distillation of pyrolysis liquid. Investigate the use of pyrolysis liquid fractions as liquid biofuels. Develop a schematic diagram of a pyrolysis equipment prototype. Develop the technical and engineering documentation for the pyrolysis equipment prototype. The research will help to determine the parameters for industrial-scale biomass pyrolysis and utilization. It is also planned to analyse the results, received by the Czech Republic and Ukrainian researchers. On the basis of the research it is planned to design and construct a unit for industrial biomass pyrolysis. It is planned to study the patent analysis of similar unit. The researchers are going to use their established experience with biomass thermal processing, received when designing a unit for generator gas production from fuels with straw containing. This unit will be used for further studies on the pyrolysis of others

types of biomass. As a research result, it is planned to design a working model of the unit for industrial biomass pyrolysis and to file an application for a device.

Also it is planned to utilize an agro-ecosystem model (Golub et al, 2020) to carry out an analytical assessment of the parameters of energy production technologies from fuel under the conditions of an agricultural enterprise on the basis of pyrolysis biomass and with due regards for the climatic and economic conditions of Ukraine. It is planned to give analytical estimation of energy production stages: a) biomass growing and harvesting, preliminary preparation of biomass for pyrolysis process, biomass pyrolysis, heat production by burning the produced fuel into the boilers; b) biomass growing and harvesting, preliminary preparation of biomass for pyrolysis process, biomass pyrolysis, electrical energy production; c) biomass growing and harvesting, preliminary preparation of biomass for pyrolysis process, biomass pyrolysis, both heat and electrical energy production by the means of cogeneration.

The estimation of energy production technology performance is planned to be based on the following parameters: power input on receiving biofuel (cutting, pelletizing, briquettes and granules production), the calorific efficiency of the received fuel, the amount of received energy. It is also planned to prepare a report of recommendations for methods and technologies of biomass pyrolysis and energy production in Ukraine, for publishing.

## References

1. Golub G., Kukharets S., Tsyvenkova N., Yarosh Ya., Chuba V.. Experimental study into the influence of straw content in fuel on parameters of generator gas. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. № 5/8 (95). – P. 76-86. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.142159>.
2. Golub G., Skydan O., Kukharets V., Yarosh Y., Kukharets S. The estimation of energetically self-sufficient agroecosystem's model. Journal of Central European Agriculture. 2020. 21(1). P.168-175. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/21.1.2482>.
3. Sedmihradská A., Pohorely M., Jevic P., Skoblia S., Beno Z., Fartak J., Cech B., Hartman M. Pyrolysis of wheat barley straw. Res. Agr. Eng. 66. 2020. P.1-10. <https://doi.org/10.17221/26/2019-RAE>.

## КОСМІЧНІ СИСТЕМИ В АГРАРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

*Скидан О.В., Кухарець С.М., Ярош Я.Д., Ковальчук О.Д.*

*Поліський національний університет*

Одним із факторів підвищення ефективності агровиробництва є застосування космічних систем. Інформація, отримана в результаті дистанційного зондування поверхні Землі, дозволяє чітко прогнозувати вплив навколишнього середовища на аграрне виробництво. Це може бути встановлення точних погодних умов, чітких термінів виконання технологічних операцій. Крім того, застосування космічних систем дозволяє прогнозувати ризик стихійних лих та виконувати моніторинг шкідливих викидів.

Обробка інформації, отриманої зі штучних супутників Землі, за допомогою геоінформаційних технологій, дозволяє розробити системи раціонального внесення добрив та поливу. Використання глобальних навігаційних супутникових систем забезпечує можливості для впровадження енергоощадних раціональних маршрутів аграрної техніки. Також, без космічної навігації неможлива автономна робота тракторів і комбайнів. Використання космічних систем у тваринництві дозволяє проводити глобальний моніторинг стану тварин, що, у свою чергу, допоможе зменшити шкідливі впливи на поголів'я.

Використання космічних систем протягом останнього часу набуло значного поширення. Зокрема, в Поліському національному університеті створено регіональний інноваційно-космічний кластер «Полісся» (рис. 1).

Одним із важливих елементів цього кластеру є системи прийому даних із штучних супутників Землі. Зокрема, це система приймання інформації малої роздільної здатності в метровому діапазоні хвиль, система приймання інформації середньої роздільної здатності на базі антенної системи діаметром 2,5 м (рис. 2) та система приймання інформації середньої роздільної здатності на базі командно-вимірювальної системи «Фазан» з діаметром дзеркала 5 м (рис. 3).

На даний час система здатна приймати антенами наступні сигнали: на частоті 137 МГц: супутники NOAA15, NOAA18, NOAA19, на частоті 1,7ГГц: NOAA15, NOAA16, NOAA18, NOAA19, MetopA, MetopB, FENGYUN, Meteor-M1, на частоті 8ГГц: Terra, Aqua, Aura і Calipso. Завдяки значному технічному потенціалу комплекс дозволяє здійснювати прийом інформації

також із космічних апаратів з високим просторовим розрізненням (рис. 4). Для цього проводиться модернізація системи.



Рис. 1. Структура інноваційно-космічного кластеру «Полісся»



Рис. 2. Система приймання інформації середньої роздільної здатності на базі антенної системи діаметром 2,5 м



Рис. 3. Система приймання інформації середньої роздільної здатності на базі командно-вимірювальної системи «Фазан» з діаметром дзеркала 5 м.



Рис. 4. Космічний знімок із високим просторовим розрізненням, оброблений за допомогою програмного комплексу ArcGis (<https://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?layers=8fc23ca40523448f9cf0b66e4a411003>)

Необхідно також зауважити, що науковці Поліського національного університету приймають активну участь у створення регіональної системи дистанційного зондування Землі для задоволення регіональних потреб у космічній інформації для сфер безпеки, аграрного виробництва, землевпорядкування, природокористування, регіонального розвитку, будівництва, екологічного моніторингу, моніторингу надзвичайних ситуацій. Важливим кроком є створення регіональної системи інформаційного забезпечення управління регіоном на платформі геоінформаційної системи ArcGIS.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЛАНЦЮГУ ВИРОБНИЦТВА ТА ПОСТАВОК БІОЕТАНОЛУ З СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР В УКРАЇНІ**

*Кваша С.М., доктор економічних наук, професор, академік НААН,  
проректор з навчальної і виховної роботи Національний університет  
біоресурсів та природокористування України*

*Мельник Н.В., завідувач відділу аспірантури та докторантури  
Поліський національний університет*

Ринок в цілому як і ринок біоенергетичних видів палива потребує чіткого вивчення, усвідомлення і розв'язання проблем його формування і функціонування, оцінки правової бази та закономірностей його розвитку, що вимагає проведення наукових досліджень на основі методології і методики соціально-економічних аспектів агропромислового комплексу. Проведення побудови економетричних моделей формування та функціонування ринку біоетанолу в Україні представляє ряд сценаріїв та розкриває основні показники, які впливають на розвиток даного ринку в країні.

Завдяки динамічному характеру ланцюгів поставок та складності виробничого процесу біопалива, особливо біоетанолу з сільськогосподарських енергетичних культур, моделювання сприймається як природний та важливий інструмент для аналізу та проектування ланцюгів поставок та управління даними ланцюгами. Для вирішення цих завдань використовується методологія динаміки систем (SD) яка відноситься до економіко-математичного моделювання. Динаміка систем (SD) – це методика аналізу та вирішення проблем, яка намагається моделювати поведінку систем у часі. У системній динаміці будь-який аспект світу сприймається як причинно-наслідкова взаємодія між атрибутами, що описують його. За допомогою SD було проведено кілька досліджень для оцінки стійкості в різних секторах економіки. Ця методологія також була використана для оцінки стійкості в галузі біопалива [1; 2].

Розробивши модель, необхідно знати, чи розвивається система через бажані стани, які відповідають цілям стійкості сектору, або зрозуміти поведінку показників стійкості, для цього деякі концепції теорії життєздатності мають бути пов'язані. Для дослідження розвитку та функціонування ринку біоенергетичних видів палива ми взяли за основу



ланцюг виробництва та поставок біоетанолу з сільськогосподарських енергетичних культур (біомаси) і визначили основні показники виробництва біоетанолу в Україні (рис. 1).

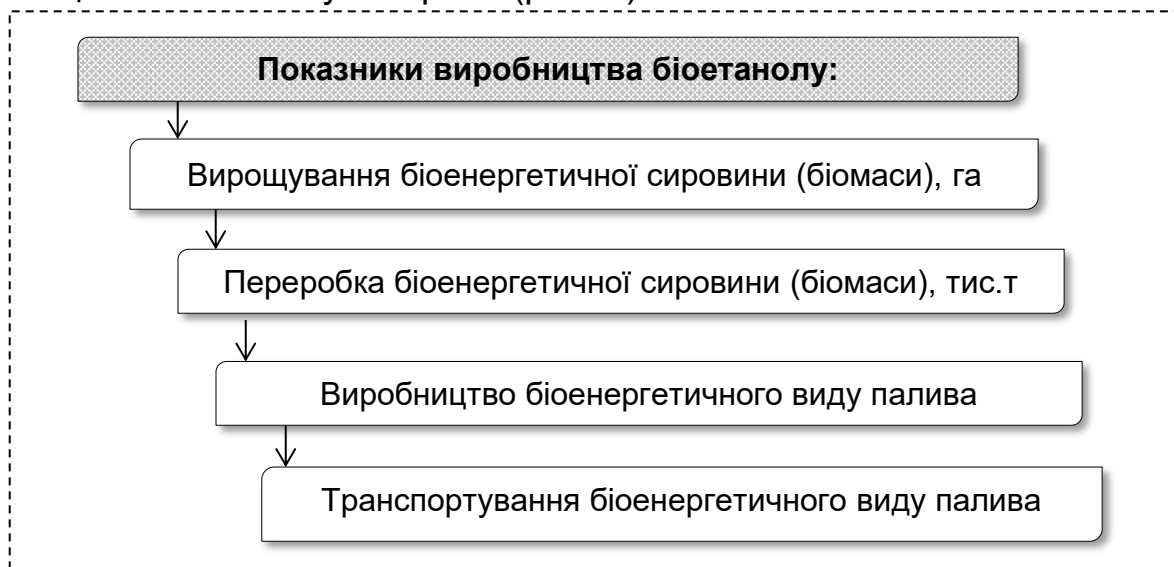


Рис. 1. Основні показники виробництва біоетанолу в Україні  
Джерело: розробка авторів.

В подальшому дослідженні ми визначили основні показники, які описують ланцюг виробництва та поставок біоетанолу виготовленого із сільськогосподарської енергетичної сировини або біомаси. Серед основних показників, які описують логістичний ланцюг або ланцюг виробництва та поставок біоетанолу є: площа посаженої біомаси із сільськогосподарських енергетичних культур для виробництва біоетанолу, (га); урожайність біомаси із сільськогосподарських енергетичних культур для виробництва біоетанолу (га); процес очищення та подрібнення біомаси із сільськогосподарських енергетичних культур для виробництва біоетанолу; встановлення виробничих потужностей для максимального виробництва біоетанолу в Україні; процес виробництва біоетанолу в залежності від потужностей виробництва; сукупність виробленого біоетанолу (л); кількість виробленого біоетанолу для змішування з бензином (л); продуктивність або обсяг виробленого біоетанолу на гектар біомаси із сільськогосподарських енергетичних культур; позитивний вплив на соціальні показники; вплив на навколишнє природне середовище.

За допомогою вище встановлених основних показників, які описують ланцюг виробництва та поставок біоетанолу ми схематично побудували ланцюг виробництва та поставок біоетанолу в Україні (рис. 2).

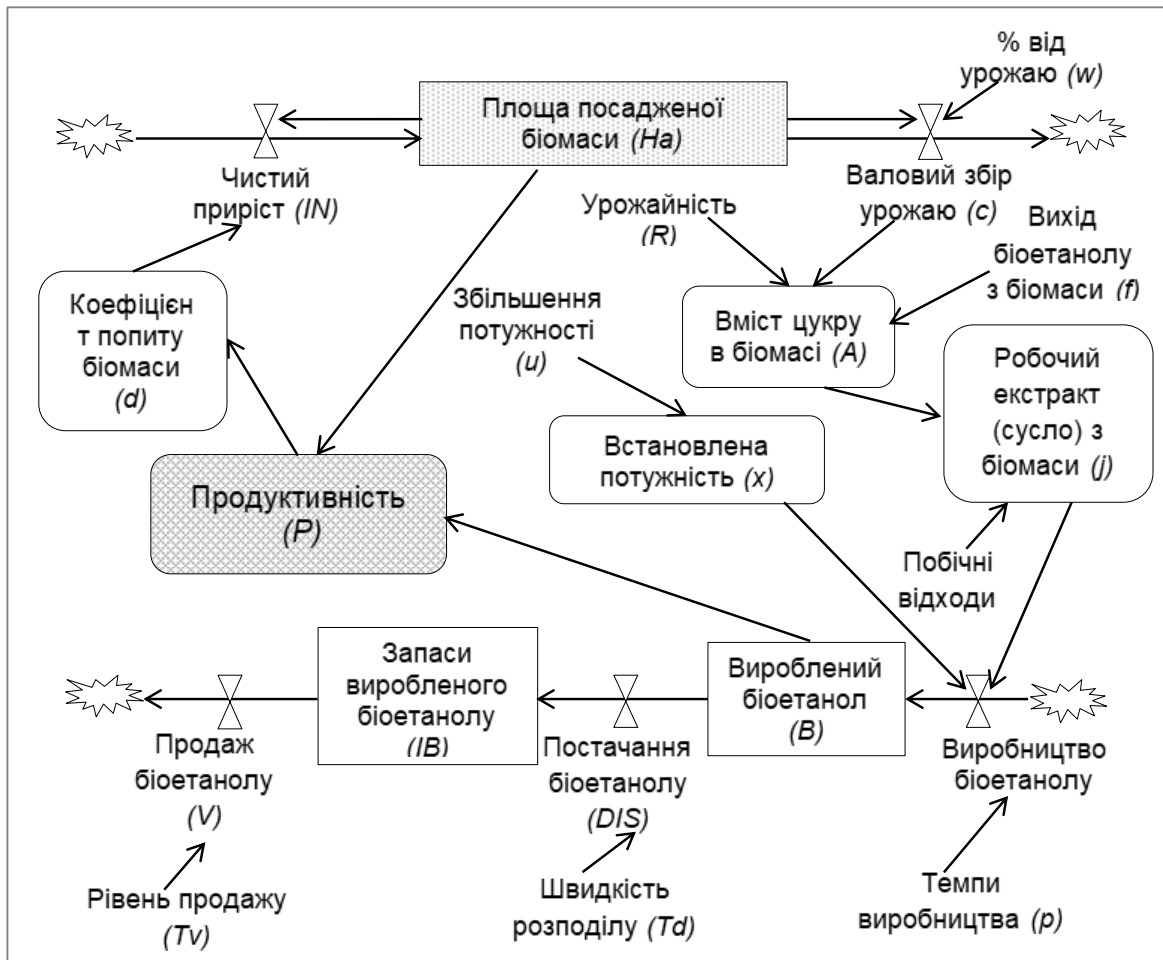


Рис. 2. Ланцюг виробництва та поставок біоетанолу в Україні  
Джерело: розробка авторів.

З побудованого ланцюга виробництва та поставок біоетанолу ми зробили (склали) рівняння, які репрезентують еволюцію змін стану системи в часі. Таким чином, гектари посадженої біомаси сільськогосподарських енергетичних культур представлено формулою:

$$\frac{dHa}{dt} = IN - C, \tag{1.1}$$

де  $d$  – коефіцієнт попиту біомаси;  $Ha$  – площа посадженої біомаси, га;  $IN$  – чистий приріст, га;  $C$  – валовий збір урожаю, га.

Чистий приріст  $IN$  визначається зміною коефіцієнта попиту, залежно від часу та гектарів посадженої біомаси сільськогосподарських енергетичних культур, визначається він за допомогою кусково-заданої функції:

$$IN = \begin{cases} Ha + (Ha.k) & Si < ti \\ Ha + (Ha.k1).d & Si \geq tj \end{cases} \tag{1.2}$$

Валовий збір урожаю в ланцюгу виробництва та поставок біоетанолу представлений змінною  $C$ . Де  $C$  – кількість гектарів біомаси сільськогосподарських енергетичних культур, яка зібрана з частки гектарів  $w$  і розраховується за допомогою формули:

$$C = Ha.w \quad (1.3)$$

де  $Ha$  – площа посадженої біомаси сільськогосподарських енергетичних культур, га;  $w$  – відсоток від урожаю посадженої біомаси сільськогосподарських енергетичних культур, %.

Оцінка виробництва біоетанолу здійснюється щорічно, яка акумулюється в рівнянні змінних показників виробленого біоетанолу  $B$  та його постачання  $DIS$  і представлена формулою:

$$\frac{dB}{dt} = \text{Production of } B - DIS \quad (1.4)$$

Темп виробництва біоетанолу ( $p$ ) це відсотковий параметр виробництва і становить він від 0 до 1. Що дає можливість калібрувати модель. Калібрування моделі має на меті підвищити точність оцінки у кожному конкретному застосуванні, або на певному підприємстві [3, с. 192]. У свою чергу робочий екстракт (сусло) отриманий з біомаси ( $j$ ) визначається як залежність між урожайністю біомаси  $R$ , га та вмістом цукру в біомасі  $A$ , кг:

$$j = A.R \quad (1.5)$$

Слід відмітити, що оцінка вмісту цукру в біомасі  $A$ , кг відбувається за рахунок таких показників як урожайності біомаси  $R$  та  $C$ , га та виходу біоетанолу з маси  $f$ , л і представлена рівнянням:

$$A = (R.C).f \quad (1.6)$$

Встановлена потужність у цій моделі представлена допоміжною змінною з річним збільшенням потужності  $u$  наступним чином:

$$X = X_0 + X.u \quad (1.7)$$

$DIS$  постачання біоетанолу на запас представлено за допомогою формули:

$$DIS = B.Td \quad (1.8)$$

де  $B$  – кількість виробленого біоетанолу, л;  $Td$  – швидкість розподілу біоетанолу при постачанні на запас. Кількість запасів виробленого біоетанолу  $IB$  представляється як різниця між постачанням виробленого біоетанолу  $DIS$  на запас і тим, що продається  $V$ :

$$\frac{dIb}{dt} = DIS - V. \quad (1.9)$$

Продаж виробленого біоетанолу  $V$  залежить від запасів виробленого біоетанолу  $IB$ , л та постійних рівнів продажі біоетанолу:

$$V = IB.Tv \quad (1.10)$$

Для оцінки чистого приросту його пов'язують з коефіцієнтом попиту, який базується на продуктивності (Продуктивність). Це визначається кількістю запасів виробленого біоетанолу на кількість гектарів біомаси із сільськогосподарських енергетичних культур для виробництва біоетанолу,  $Ha$ :

$$\text{Продуктивність} = \frac{B}{Ha} \quad (1.11)$$

$$\text{Фактор попиту} = \begin{cases} d1siP \geq n \\ d2siP < n \end{cases} \quad (1.12)$$

Дослідження ринку біоенергетичних видів палива за допомогою запропонованих моделей показує, що методологію можна успішно використовувати для подальшої перспективної оцінки. Для цього необхідно моделювати виробничий ланцюг, який слід оцінювати, визначаючи сировину, встановлену виробничу потужність, щорічне збільшення виробництва біопалива. Моделювання ринку біоетанолу або біопалива дає можливість дослідити показники, які впливають на його розвиток, а також дослідити перспективність споживання даного виду біопалива як в країні в цілому так і в окремому регіоні. Також це сприяє розробці та впровадженні нових державних програм та стратегій для розвитку та функціонуванню ринку біоенергетичних видів палива за рахунок виконання усіх вимог сталого розвитку і тим самим сприяючи розвитку регіонів та областей країни.

#### Список літератури

1. Chatfield, C. (1995). Model uncertainty, data mining and statistical inference. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A*, Vol. 158, № 3, pp. 419–466.
2. Nabavi, E., Daniell, K., Najafi, H. (2017). Boundary matters: the potential of system dynamics to support sustainability? *Journal of Cleaner Production* 140. Pp. 312- 323. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.03.032>
3. Баценко Д.В. Метод калібрування моделі Сосото шляхом редукції основного рівняння. *Проблеми програмування*. 2012. № 2-3. С. 192–200.

---

## LONG-TERM STRATEGY OF BIOENERGY DEVELOPMENT IN UKRAINE

**Georgii Geletukha, Tetiana Zheliezna, Semen Drahniev, Anatolii  
Bashtovyi**

*Bioenergy Association of Ukraine, Ukraine*

### 1. Introduction

There are several important factors that necessitate the elaboration of a long-term strategy for the development of bioenergy in Ukraine and the Roadmap as its important component.

First, current Ukraine's Energy Strategy sets an ambitious goal of achieving 11 Mtoe of biomass, biofuels and waste in the total primary energy supply (TPES) in 2035. However, the Energy Strategy has not been accompanied by a document (a roadmap or an action plan) showing due to what types of biomass/biofuels and technologies, and in which sectors these 11 Mtoe will be actually reached. It is necessary to understand what types of equipment (boilers, CHP plants, thermal power plants) of what capacity and in which sectors (heat production, power production, cogeneration, and transport sector) should be implemented to most effectively achieve the goals.

Second, Ukraine has the international commitment to reduce greenhouse gas (GHG) emissions under the 2015 Paris Climate Agreement, which means to implement so-called "nationally determined contributions". At present, this reduction commitment is 40% of 1990 GHG emissions level, which must be achieved by 2030; however it may increase up to about 70% of 1990 GHG emissions level in the coming years. To meet this new target, Ukraine needs to turn to a low-carbon economy, significantly reduce fossil fuels consumption, actively develop energy efficiency and introduce renewable energy sources (RES). According to some preliminary estimates, the share of RES in the energy sector of Ukraine may reach 60% in 2050, of which more than a half is the contribution of bioenergy. Thus, bioenergy plays a significant role in Ukraine's implementation of its international obligations to reduce greenhouse gas emissions, which also necessitates the elaboration of a long-term strategy for bioenergy development.

The third factor is that equipment of most coal-fired power plants in Ukraine is already on the verge of its physical depreciation, because these power plants were put into operation in the 1960s. In addition, all possible terms of the prolonged operation of Ukrainian nuclear power plants (NPPs) will expire by 2050. The bioenergy development strategy until 2050 will show how biofuels,

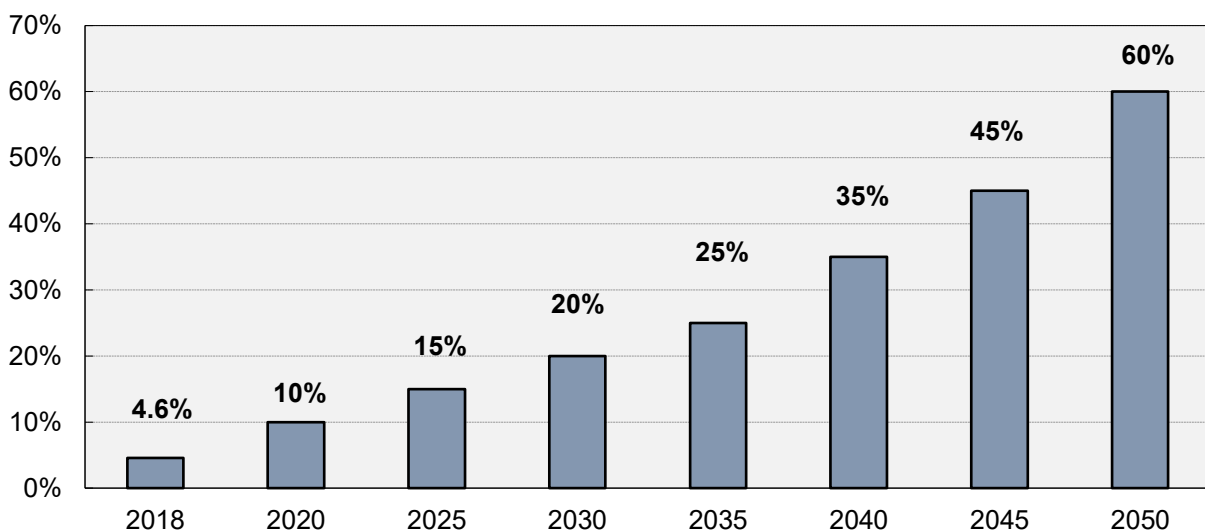
bioenergy plants and technologies will contribute to replacing the coal/natural gas plants and NPPs that will be decommissioned by 2050.

Thus, Ukraine obviously needs a long-term strategy for the development of bioenergy. An important component of the strategy and the first step towards its elaboration is the Roadmap, the description of which is the subject of this article.

## 2. Basic approach and characteristics of the Roadmap for Ukraine's bioenergy development until 2050

The aim of the Roadmap is to present a realistic long-term scenario for the development of bioenergy, which corresponds to Ukraine's transition to 100% RES in 2070. The proposed Roadmap covers the period of 2020-2050 and has several reference points. One of them is the year 2030, as the new NREAP will be developed until 2030, in which at least 8 Mtoe of biomass, biofuels and waste should be consumed (according to the current Energy Strategy). The second reference point takes into account the goal of bioenergy development set by the Energy Strategy of Ukraine for 2035 – 11 Mtoe of biomass, biofuels and waste in TPES.

The Roadmap corresponds to the scenario of achieving at least 60% of RES in Ukraine's energy balance in 2050 (Figure 1), including contribution of renewables to the individual sectors: power – 70%, heat – 65%, transport – 35% of RES.



2018: data of Ukraine's Energy Balance for 2018 (State Statistics Service of Ukraine)

**Figure 1. Forecasted share of renewables in the total primary energy supply in Ukraine until 2050.**

Regarding the production of heat from RES, it should be noted that up to 90% of the total amount is and will be provided by biomass according to the world practice and forecast of the Bioenergy Association of Ukraine.

The structure and directions of using bioenergy potential envisaged in the Roadmap take into account and reflect the key trends that according to expert prediction will take place in the bioenergy sector of Ukraine during 2020-2050:

- Increase in the share of agrobiomass, namely agricultural residues and energy crops, in the structure of solid biofuels consumption up to 60% and 20% of the total in 2050, respectively.
- Minimal growth in the use of wood biofuels, namely 1.2 times in 2050 (against 8 times for agricultural residues during 2020-2050).
- Significant increase in the production of biogas and liquid biofuels: up to 4.7 Mtoe/yr and 3.4 Mtoe/yr, respectively, in 2050.
- The launch and growth of the production of biomethane and motor biofuels of the second generation: up to 2.4 Mtoe/yr and 0.34 Mtoe/yr in 2050, respectively.

In Ukraine, more than a half of the final energy consumption is accounted for by heat. Taking this into consideration, according to the Roadmap, about a half of the total consumption of biofuels will fall to solid biofuels used for heat production (11.7 Mtoe) in 2050. The rest will be divided in relatively comparable proportions between the solid biofuels for electricity production (3.0 Mtoe), biogas (2.36 Mtoe), biomethane (2.36 Mtoe) and liquid biofuels of the first generation (3.08 Mtoe). The smallest share of the total biofuel consumption falls to liquid biofuels of the second generation (340 ktoe in 2050), the production of which has not started yet at all in Ukraine.

The forecasted structure of the use of solid biofuels for the production of heat and power in different sectors shows that the volume of heat production from solid biomass will be comparable in DH/budget-financed sector, industry and individual heating, while power production from biomass will be concentrated more in the industrial sector by 2050.

### **3. Discussion**

According to 2018 data, the energy potential of biomass in Ukraine is about 23 Mtoe. Expert estimates of the Bioenergy Association of Ukraine show that in 2050 this potential may increase to more than 45 Mtoe/yr that is almost double. Thus, the level of biofuel consumption in 2050 (23 Mtoe) envisaged in

the Roadmap will come to only about 50% of the biomass potential available at that time. Main factors for the growth of energy potential of biomass until 2050 include increase in the yield of crops, first of all cereals; significant increase in the economic potential of biogas obtained from different types of feedstock; doubling of areas under energy crops and growth of their yield; growth of level of the net annual forest increment felling.

Realization of the goals set by the Roadmap is possible under the condition of reducing TPES in 2050 compared to 2018 by 33% (up to ~63 Mtoe) with the increase in the final energy consumption by 8% (up to ~55 Mtoe).

It is estimated that the total installed capacity of bioenergy equipment will be about 34 GW<sub>th</sub> and 5.3 GW<sub>el</sub> in 2050. Preliminary expert estimates indicate that the implementation of the Roadmap requires investments in the amount of 26-39 bln EUR, depending on cost of the equipment to be implemented.

According to the forecast presented in the Roadmap, the development of bioenergy in Ukraine may lead to the replacement of about 24 bln m<sup>3</sup>/yr of natural gas and create over 160,000 jobs by 2050. Of these, the solid biomass segment accounts for 17.9 bln m<sup>3</sup>/yr of natural gas and almost 147,000 jobs in 2050. Another 5.7 bln m<sup>3</sup>/yr of natural gas will be replaced at the expense of the production and consumption of biogas/biomethane.

#### **4. Conclusions**

The Roadmap for the development of bioenergy in Ukraine until 2050 is an essential document, as it provides an action plan to achieve the existing bioenergy goals until 2035, outlines the targets and prospects for the sector until 2050, and contains materials useful for developing a number of strategic documents in the energy sector. It is important that the Roadmap is the first step towards preparing a more comprehensive document, which is a long-term strategy for the development of bioenergy in Ukraine.



---

## PERSPECTIVE WAYS TO INCREASE THE FEED AND ENERGY VALUE OF PLANT RAW MATERIALS

**Bratishko V.V.**, Sc.D. Eng., acting head of department, **Rebenko V.I.**, Ph.D.

Eng., associate professor,

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

**Shulga S.M.**, Ph.D. Physics, deputy director, **Tigunova O.A.**, Ph.D. Biol.,  
researcher

Institute of Food Biotechnology and Genomics of NAS of Ukraine

The analysis of domestic and foreign publications shows an increase in the number of studies aimed at finding ways to improve production efficiency and the use of renewable raw materials in various industries. The climate crisis, one of the main causes of which is the human consumption of extractive resources, in particular hydrocarbons, and its consequences have led to a change in the energy policy of the world's leading countries towards a significant increase in the share of renewable energy and raw materials. In recent decades, the share of raw plant materials in the production of solid, liquid, and gaseous fuels has increased significantly. Ukraine, as one of the world leaders in the production of crop products, in particular cereals, annually produces tens of millions of tons of plant biomass, which is used for energy and feed purposes. The results of previous studies indicate the possibility of significantly increasing the feed and energy value of these raw materials using modern methods of processing, which is an urgent task both in the context of strengthening the country's energy independence and in the light of global challenges.

By today, the non-grain part of the crop is a relatively cheap resource, the main share in the cost of which is transportation and logistics costs. The advantage of Ukraine is that the production of grain, legumes, and oilseeds is available in each region, in fact, as well as feed, livestock, and food processing enterprises of different capacities. By developing efficient technologies that aim to increase the feed and energy value of plant raw materials, transportation, and logistics costs can be minimized due to the geographical proximity of raw materials, producers, and consumers.

The issues of increasing the feed and energy value of plant materials, in particular, the non-grain part of the crop, based on the use of chemical, thermal and mechanical methods of treatment are sufficiently studied, in particular in Ukraine. Thus, it is well known that under the action of alkalis and acids there are changes in the structure of plant raw materials - cellulose bonds with bound

substances are broken, lignin is partially destroyed, which ultimately increases the availability of nutrients for digestion by animals or consumption by microorganisms. There are methods of increasing the feed value of plant raw materials which involve its treatment with lime, caustic soda, concentrated alkalis, etc., followed by exposure for various periods (preferably from 12 to 24 hours). In modern technologies of delignification of plant raw materials in the production of biofuels to increase the availability of cellulose and hemicellulose acidic, alkaline, oxidizing, stepped, combined, and organosolvent methods [1] are using. The grinding of plant raw materials increases the efficiency of processing by increasing the total surface area of plant biomass available for exposure to active substances.

The use of mechanical processing methods, in comparison with chemical ones, allows to increase the efficiency of further use of raw materials in bioconversion and feed preparation processes, in particular, to avoid risks of possible undesirable effects of relevant chemicals on animals and microorganisms and the environment.

Recent trends indicate a significant potential and possible prospects for industrial application of such methods of action on lignocellulosic biomass, which are characterized by the effects of high hydrostatic pressure, microwaves, and ultrasound [2]. Along with other methods of the disintegration of plant biomass, ultrasonic disintegration allows providing effective preliminary preparation of raw materials for further use without the use of chemicals (although it does not exclude and allows to increase the efficiency of their use). The use of ultrasound is a promising method to increase the efficiency of processing lignocellulosic biomass of plants, which is used in various technologies of biomass processing [3, 4], in particular, in technologies of bioethanol, methane, etc. [5].

Based on the analysis of existing research results, it is possible to establish the main rational parameters (frequency of ultrasonic radiation, duration of radiation, temperature of suspension) of ultrasonic disintegration of biomass, which make it possible to increase the bioavailability of macrocomponents. However, the issues of complex impact on the efficiency of the process of disintegration of plant biomass such parameters as dry matter content in suspension, average particle size, plant species, etc., which affect the economic efficiency of disintegration, remain insufficiently studied.

The development of efficient equipment for continuous ultrasonic disintegration of plant biomass, in contrast to the batch equipment currently in use, also remains an urgent task. The vast majority of researchers [3] use in the

study of ultrasonic disintegration of raw materials laboratory equipment using periodic technologies. This approach allows us to assess the impact of ultrasonic disintegration parameters on the relevant qualitative changes and transformations of plant raw materials but does not allow to ensure adequate assessment or forecasting of technical and economic indicators of the developed technology under the conditions of its practical application.

Preliminary preparation of raw materials for further use (enzymatic, alkaline or acid hydrolysis, autohydrolysis, cavitation, ultrasonic disintegration, etc.), particle size, dry matter content in suspension, process temperature determine energy and resource costs and affect the overall efficiency of technology, such as alternative biofuels, ethanol, and butanol [6]. In turn, practical developments in the production of butanol based on bioconversion of plant raw materials allow the use of butanol accumulation as a criterion for evaluating the effectiveness of ultrasonic disintegration processes [7]. Although, at present, the effect of ultrasonic disintegration on the efficiency of biobutanol production also remains insufficiently studied.

Preliminary calculations show that there is a possibility of increasing the feed and, accordingly, the energy value of the non-grain part of the crop by 100 percent or more due to the destruction of the lignocellulosic structure of plants. Thus, at an average price of UAH 5,000 per ton for the main feed crop - barley and the content of feed units in barley grains at the level of 1.15 feed units per 1 kg, the estimated cost of one feed unit will be UAH 4.3-4.4. The limit of economic feasibility can be considered the total feed unit cost of UAH 1.1-1.3 per kg of non-grain part of plants, such as soybean or corn straw, 1 kg of which contains 0.3-0.4 feed units. When the dry matter content in the suspension is at the level of 15%, the specific irradiation power is 0.2-0.3 kW/dm<sup>3</sup> and ultrasonic disintegration time is 10-20 minutes specific electricity consumption will be 0.22-0.67 kWh/kg of dry matter, which allows us to make a preliminary conclusion about the possible economic feasibility of developing such technology. Data on the cost-effectiveness of ultrasonic disintegration in bioethanol and biobutanol technologies will be different and will require separate studies.

### Bibliography

1. Батог, Ю.О. та ін. Лігніно-целюозна біомаса як сировина для виробництва біоетанолу другого покоління (Batog Yu. et al. Lignin-cellulose biomass as a raw material for the production of second generation bioethanol). Food resources. 2014. Vol. 2. P. 23-27.

2. Hassan, S.S., Williams, G.A., & Jaiswal, A.K. Emerging technologies for the pretreatment of lignocellulosic biomass. *Bioresource Technology*. 2018. Vol. 262. P 310-318.
3. Saif Ur Rehman, Muhammad, Kim, Ilgook, Chisti, Yusuf, Han, Jong-In. Use of ultrasound in the production of bioethanol from lignocellulosic biomass. *Energy, Education, Science and Technology*. 2013. Vol. 30. P 1391-1410.
4. Muthuvelu, K.S., Rajarathinam, R., Kanagaraj, L.P., Ranganathan, R.V., Dhanasekaran, K., Manickam, N.K. Evaluation and characterization of novel sources of sustainable lignocellulosic residues for bioethanol production using ultrasound-assisted alkaline pre-treatment. *Waste Management*. 2019. Vol. 87. P. 368-374.
5. Bundhoo, Z. M. A., Mohee, R. Ultrasound-assisted biological conversion of biomass and waste materials to biofuels: A review. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2018. Vol. 40. P. 298-313.
6. Petrovič, U. Next-generation biofuels: a new challenge for yeast. *Yeast*. Volume 32, Issue 9. 2015. P. 583-593.
7. Tigonova, O.A., Shulga, S.M., Blume, Y.B. Biobutanol as an alternative type of fuel. *Cytology and Genetics*. Volume 47, Issue 6, November 2013, P. 366-382.

## CONVERTING A MATRIX TRANSFER FUNCTION INTO THE SYSTEM OF DIFFERENTIAL EQUATIONS (ILLUSTRATED BY WOOD-BERRY COLUMN)

**Romasevych Yu.O.**, *Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Machines and Equipment Design, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

**Loveikin V.S.**, *Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Machines and Equipment Design, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

**Liashko A.P.**, *Philosophy Doctor, Senior Lecturer of the Department of Machines and Equipment Design, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

In many problems of synthesis of control systems are used transfer functions and systems of differential equations. Both presented a mathematical model of a plant. Classical approaches in the development of the control systems transfer functions are more common. However, in many cases of such problems systems of differential equations are more euphemistic. Thus, it causes the problem of converting one kind of mathematical model of a plant into another one.

In the current work, an example of converting is presented. We have chosen the plant – Wood-Berry column. It has two inputs and two outputs and described by the matrix transfer function:

$$G(s) = \begin{bmatrix} \frac{12,8e^{-s}}{16,7s+1} & \frac{-18,9e^{-3s}}{21s+1} \\ \frac{-6,6e^{-7s}}{10,9s+1} & \frac{-19,4e^{-3s}}{14,4s+1} \end{bmatrix}, \quad (1)$$

where  $s$  – Laplace image. Taking into consideration the transfer function (1) we may write down the equation of Laplace transform of variables  $X_D$  and  $X_B$ :

$$\begin{bmatrix} X_D(s) \\ X_B(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{12,8e^{-s}}{16,7s+1} & \frac{-18,9e^{-3s}}{21s+1} \\ \frac{-6,6e^{-7s}}{10,9s+1} & \frac{-19,4e^{-3s}}{14,4s+1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R(s) \\ S(s) \end{bmatrix}, \quad (2)$$

where  $S$  and  $R$  – steam flow and reflux respectively;  $X_D$  and  $X_B$  – concentrations of the separated components: water and methanol respectively.

The matrix form (3) we may present in the following form:

$$\begin{cases} X_D(s) = \frac{12,8e^{-s}}{16,7s+1} R(s) + \frac{-18,9e^{-3s}}{21s+1} S(s); \\ X_B(s) = \frac{-6,6e^{-7s}}{10,9s+1} R(s) + \frac{-19,4e^{-3s}}{14,4s+1} S(s). \end{cases} \quad (3)$$

Taking some transformations of the system (3) we may obtain the following form:

$$\begin{cases} (16,7s+1)(21s+1)X_D(s) = 12,8e^{-s}(21s+1)R(s) - 18,9e^{-3s}(16,7s+1)S(s); \\ (10,9s+1)(14,4s+1)X_B(s) = -6,6e^{-7s}(14,4s+1)R(s) - 19,4e^{-3s}(10,9s+1)S(s). \end{cases} \quad (4)$$

Simplification of the system of equation (4) leads to the next system of equations:

$$\begin{cases} (350,7s^2 + 37,7s + 1)X_D(s) = (268,8s + 12,8)e^{-s}R(s) - (315,63s + 18,9)e^{-3s}S(s); \\ (156,96s^2 + 25,3s + 1)X_B(s) = -(95,04s + 6,6)e^{-7s}R(s) - (211,46s + 19,4)e^{-3s}S(s). \end{cases} \quad (5)$$

Carrying out the inverse Laplace transformation allows getting the final result – the system of differential equations, which corresponds to the matrix transfer function (1):

$$\begin{cases} \ddot{X}_D(t)350,7 + 37,7\dot{X}_D(t) + X_D(t) = \\ = 268,8\dot{R}(t-1) + 12,8R(t-1) - 315,63\dot{S}(t-3) - 18,9S(t-3); \\ 156,96\ddot{X}_B(t) + 25,3\dot{X}_B(t) + X_B(t) = \\ = -95,04\dot{R}(t-7) - 6,6R(t-7) - 211,46\dot{S}(t-3) - 19,4S(t-3). \end{cases} \quad (6)$$

The found mathematical model is the same as presented in the work [1]. It will be exploited in the area of development optimal control systems.

### Reference:

1. PID Control for Multivariable Processes / Qing-Guo Wang, Zhen Ye, Wen-Jian Cai, Chang-Chieh Hang. Lecture Notes in Control and Information Sciences 373. Editors: M. Thoma, M. Morari. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. – 2008. – p. 273. DOI: 10.1007/978-3-540-78482-1

## EXPERIMENTAL DATA PROCESSING TECHNIQUE

**Romasevych Yu.O.**, *Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Machines and Equipment Design, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

**Loveikin V.S.**, *Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Machines and Equipment Design, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

**Mushtyn D.I.**, *Post-Graduate Student of the Department of Machines and Equipment Design, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

At the first stage of experimental data processing, the following operations were performed: 1) data interpretation (performed using calibration dependencies); 2) data filtering; 3) reduction of data volume (in case of data redundancy); 4) derivatives calculation.

We will give a brief description of these operations.

Interpretation of the data was carried out with the use of analog sensors calibration dependences. Calibration dependences were used for each element of the data array. This made it possible to move from the voltage value to the value of the measured physical parameter.

Data filtering was performed using the average method. The filtering consisted in setting a certain number of experimental values (frame size) and calculating the arithmetic mean. It corresponds to a time moment that, in turn, corresponds to the center of the frame. In the next iteration, the frame was moved by the frame size in the processed data array. At the same time, such filtering reduces the amount of data that it was advisable for the data with high redundancy. The result was an array of filtered data, which was suitable for fast statistical data processing.

Using the moving average method does not change the original volume of data. It is similar to what is described, with the only difference: in each of the iteration the frame moved by one, not by its length.

In order to differentiate discrete data, the special method was used. Its essence is that: 1) choose the size of the frame; 2) find the regression dependence that best it fits (in the sense of the root mean square approximation error); 3) differentiate the obtained regression dependence; 4) determine the value of the derivative for a certain point of time (usually for what corresponds to the middle of the frame). For the successful application of this technique, it is necessary to rationally set the frame size, as well as the order of the

approximation polynomial. The first value was set for various experiments in the range of 10... 20, and the second did not exceed the third degree. This made it possible to obtain proper results, free of noise and correspond to the processes under investigation.

Statistical processing of experimental data was as follows. For the experimental data, the maximum and root mean square values of kinematic and dynamic parameters were established. They were calculated by formulas:

$$k_{1.\max} = \max|k_{i.e}|, i \in \overline{(1, N)}; \quad (1)$$

$$\tilde{k}_1 = \sqrt{N^{-1} \sum_{i=1}^N k_{i.e}^2}, \quad (2)$$

where  $k_{1.\max}$  and  $\tilde{k}_1$  – maximal and root mean square values of a parameter;  $k_{i.e}$  –  $i$ -th experimental value of the measured parameter;  $N$  – the length of the experimental data. Indicators  $k_{1.\max}$  and  $\tilde{k}_1$  allow estimating the overall level of the dynamical loads in the elements of a mechanism.

In order to establish the adequacy of the mathematical model of tower crane movement, as well as to assess the quality of implementation of optimal laws of movement of its mechanisms, estimates of maximum and standard deviation of experimental and theoretical data were used:

$$k_{2.\max} = \max|k_{i.e} - k_{i.m}|, i \in \overline{(1, N)}; \quad (3)$$

$$\tilde{k}_2 = \sqrt{N^{-1} \sum_{i=1}^N (k_{i.e} - k_{i.m})^2}, \quad (4)$$

where  $k_{1.\max}$  and  $\tilde{k}_1$  – maximal and root mean square deviation of the theoretical and measured parameter respectively;  $k_{i.m}$  – theoretical value of the measured parameter at the moment of time  $i\Delta t$ ,  $\Delta t$  – time step.

In order to estimate the relative magnitude of the deviation of experimental and theoretical data during the transient modes of crane movement, the coefficient of variation was used:

$$v = \frac{100\%}{k_{st.m}} \sqrt{N^{-1} \sum_{i=1}^N (k_{i.e} - k_{i.m})^2}, \quad (5)$$

where  $k_{st.m}$  – the value of the theoretical parameter corresponding to the steady-state of the system (for example, the steady angular velocity of the crane slewing).



## УЩІЛЬНЕННЯ ҐРУНТУ – АКТУАЛЬНА ПРОБЛЕМА АГРАРІЇВ ВСЬОГО СВІТУ

*Andrii Zabrodskiy<sup>1</sup>, Egidijus Šarauskis<sup>1</sup>, Antanas Juostas<sup>1</sup>, Sidona Buragienė<sup>1</sup>, Savelii Kukharets<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Сільськогосподарська академія Університету Вімаутаса Великого, Інститут сільськогосподарської інженерії та безпеки, вул. Студенту, 15а, Академія, Каунаський р-н, Литва, LT – 53362*

<sup>2</sup>*Поліський національний університет, Старий бульвар, 7, м. Житомир, Україна, 10008*

Ґрунтові ресурси строго обмежені і неоднорідно розповсюджені по території Землі (Lal, 2015). Вирощування с/г культур забезпечує нас значною частиною продовольства. За даними Світового банку, станом на 2018 рік середня додана вартість у сільськогосподарському секторі у відсотках до ВВП – 10,39% серед 161 країн світу (в Україні цей показник становить – 10,14%). А, оскільки формування ґрунтів триває сотні років, проблема раціонального і ощадного користування ними – стратегічна для людства. Також, потрібно прийняти до уваги постійний ріст населення планети, що за прогнозами ООН складе 9,3 млрд чоловік до 2050 року. Крім того, за даними Rogger (2017) та Oldeman та ін. (2017) – 33 мільйона гектарів європейських ґрунтів вже ущільнено, в тому чи іншому ступені, тобто вплив ущільнення, вже можна зареєструвати. Саме тому в наші дні світові організації приділяють питанням раціональної експлуатації та безпеки ґрунтів все більше уваги. Дані питання прямо відносяться до 3-х з 17-ти Цілей Стійкого Розвитку (Sustain Development Goals), які показані на рис. 1.

В наші дні проблему ущільнення ґрунтів освоєно достатньо непогано, основними причинами вважають:

✓ історичний ріст маси с/г техніки і агрегатів (за даними Keller та ін., 2019; навантаження на передню вісь тракторів лінійно збільшується на 1 тону кожні 7 років з 1958);

✓ неконтрольоване чи слабо контрольоване переміщення техніки по полям (за період підготовки ґрунту до збирання врожаю різноманітні машини проходять по полю до 15 разів; сумарна площа слідів ходових систем нерідко вдвічі перевищує площу поля, а на поворотних смугах - в 6-20 разів);

- ✓ погано організована експлуатація ґрунтів;
- ✓ використання шин високо тиску та не великих типорозмірів;
- ✓ випас худоби (Savari та ін., 2015);
- ✓ політичні та соціальні причини.

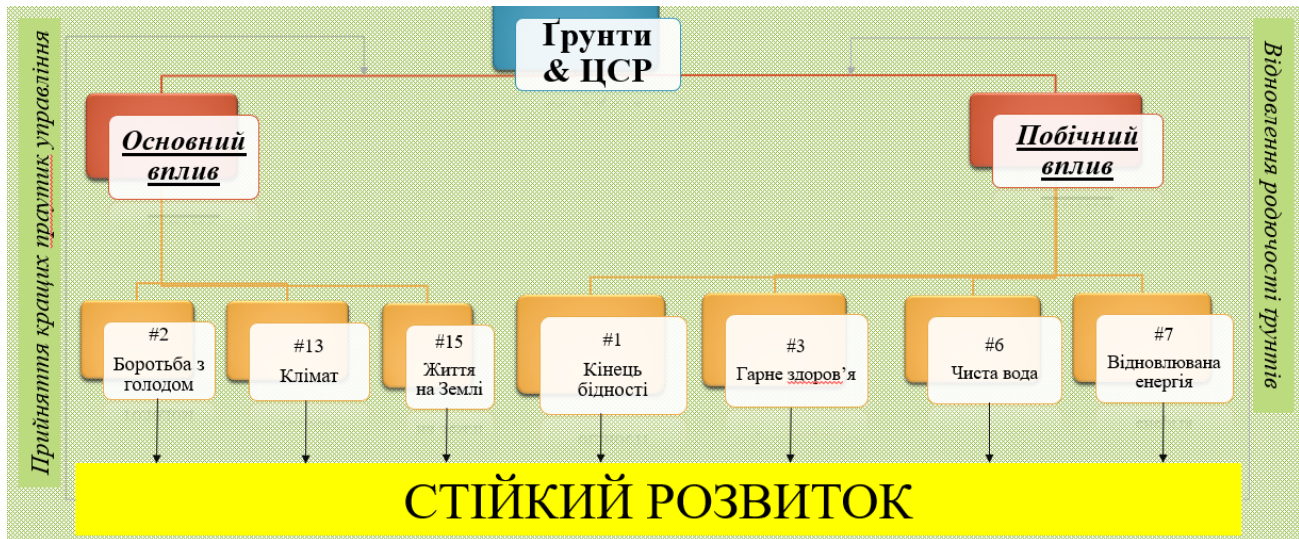


Рис 1. – Деградація ґрунтів і Цілі Стійкого Розвитку (адаптовано з Lal та ін., 2018)

Значна шкода характерна для економічного аспекту експлуатації ґрунтів, за різними даними (Продан та ін.) родючість ущільнених ґрунтів знижується у середньому на 5-20%, а іноді і більше. Наслідки разового інтенсивного ущільнення зберігаються протягом 2-5 років. Багаторазовий з року в рік вплив техніки на ґрунт веде до "накопичення" ущільнення. Відомо, що ущільнення ґрунтів йде не тільки у вертикальному, а й в горизонтальному від центру сліду - на 35-70 см. Також, ущільнення ґрунту має ряд негативних наслідків для навколишнього середовища, як показано на рис.2.

Основними напрямками боротьби з ущільненням є:

використання техніки з низьким тиском шин, здвоєних шин або гумових гусениць (Arvidsson та ін., 2011; Lamande та ін., 2018);

використання різноманітних рисунків протектора шин (Barbosa та ін., 2015);

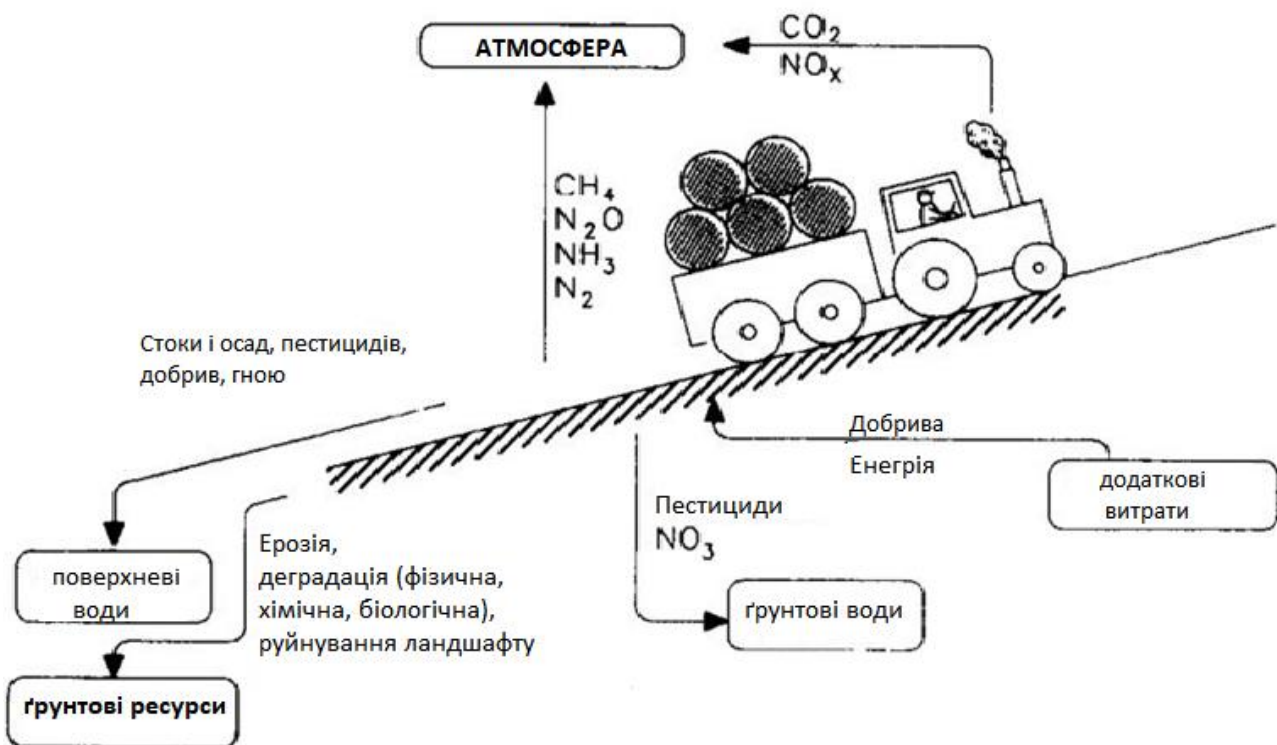
мінімізація обробки, поєднання с/г операцій, зменшення глибини розпушування, збільшення ширини захвату с/г агрегатів;

вологість ґрунту при роботах на полях повинна бути в межах 20-22%;

контрольоване переміщення с/г техніки на полях;

використання технологій точного землеробства при всіх можливих с/г операціях, для техніки, що виходить на поля;

- ✓ для підвищення стійкості ґрунтів проти ущільнення застосовувати звичайні прийоми окультурення (внесення органічних добрив, що містять кальцій, меліорантів і ін.), мульчування поверхні ґрунту;
- ✓ глибоке розпушення ущільнених ґрунтів (ефективна, але досить коштовна операція, від 550 грн/га).



**Рис 2.** – Вплив ущільнення на навколишнє середовище (адаптовано з Soane & Ouwerkerk, 1995)

Очевидно, що найкращою профілактикою буде гарно організований менеджмент господарства з використанням новітніх розробок у галузі точного землеробства для мінімізації деградитивного впливу.

Нові перспективи відкриваються з роботизацією сільського господарства, розвитком технологій точного землеробства та іншим новаторством в даній галузі. Також важливо продовжувати наукові дослідження та відкривати нові можливості для удосконалення існуючих с/г агрегатів та методів обробки ґрунтів.



**Рис 3.** – Автономний трактор від John Deere (виставка «Agritechnica», Ганновер, 2019)

### References

1. Lal, R. (2015). Restoring soil quality to mitigate soil degradation. *Sustainability*, 7(5), 5875–5895. (Англійською)
2. Lal, R., Kimble, J., & Follett, R. F. (2018). Pedospheric processes and the carbon cycle. In *Soil processes and the carbon cycle* (pp. 1-8). CRC Press. (Англійською)
3. <https://www.theglobaleconomy.com/>
4. Soane, B. D., & Van Ouwerkerk, C. (1995). Implications of soil compaction in crop production for the quality of the environment. *Soil and Tillage Research*, 35(1-2), 5-22. (Англійською)
5. Продан М. О теоретической основе уплотнения почв ходовыми системами машин- М.: учебник для вузов, 2003г. – 258 с (Російською)
6. Keller, T., Sandin, M., Colombi, T., Horn, R., & Or, D. (2019). Historical increase in agricultural machinery weights enhanced soil stress levels and adversely affected soil functioning. *Soil and Tillage Research*, 194, 104293. (Англійською)

7. Arvidsson, J., Westlin, H., Keller, T., & Gilbertsson, M. (2011). Rubber track systems for conventional tractors – Effects on soil compaction and traction. *Soil and Tillage Research*, 117, 103–109. (Англійською)
8. Barbosa, L. A., & Magalhães, P. S. (2015). Tire tread pattern design trigger on the stress distribution over rigid surfaces and soil compaction. *Journal of Terramechanics*, 58, 27–38. (Англійською)
9. Lamandé, M., Greve, M. H., & Schjønning, P. (2018). Risk assessment of soil compaction in Europe – Rubber tracks or wheels on machinery. *Catena*, 167, 353-362. (Англійською)
10. Van Alfen, N. K. (2014). *Encyclopedia of agriculture and food systems*. 171-172. (Англійською)
11. Oldeman, L. R., Hakkeling, R. T. A., & Sombroek, W. G. (2017). World map of the status of human-induced soil degradation: an explanatory note. *International Soil Reference and Information Centre*, 1-21. (Англійською)
12. Pulido-Moncada, M., Munkholm, L. J., & Schjønning, P. (2019). Wheel load, repeated wheeling, and traction effects on subsoil compaction in northern Europe. *Soil and Tillage Research*, 186, 300-309. (Англійською)
13. Raper, R. L., & Mac Kirby, J. (2006). Soil compaction: how to do it, undo it, or avoid doing it. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 1-15. (Англійською)
14. Saravi, M. M., Chaichi, M. R., & Attaeian, B. (2015). Effects of soil compaction by animal trampling on growth characteristics of *Agropyrum repens* (Case Study: Lar Rangeland, Iran). *International Journal of Agriculture & Biology*, 7, 909-914. (Англійською)

## РОЗРОБКА БІОГАЗОВОГО РЕАКТОРА ОБЕРТОВОГО ТИПУ ДЛЯ ТВЕРДОФАЗНОЇ ФЕРМЕНТАЦІЇ

**Г.А. Голуб**, доктор технічних наук, професор кафедри тракторів, автомобілів та біоенергосистем, E-mail: gagolub@ukr.net

**О.А. Марус**, кандидат технічних наук, доцент кафедри тракторів, автомобілів та біоенергосистем, E-mail: marus\_o@ukr.net

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Аналіз існуючих конструкцій реакторів для твердофазної ферментації показав, що при розробці реактора потрібно враховувати різні механічні властивості субстрату (вологість, густина, однорідність субстрату) та його підготовку до збродження, при цьому необхідно забезпечувати ефективне перемішування, якісне завантаження та видалення біомаси, безперервність процесу, технологічні умови процесу ферментації та підтримання заданих температурних режимів та вологості субстрату [1, 2].

Для переробки біомаси нами був розроблений біогазовий реактор обертового типу для твердофазної ферментації (рис.). Біогазовий реактор працює наступним чином: підготовлена біосировина подається до бункера 8 і за допомогою зовнішнього гвинтового транспортера 3 транспортується до горизонтального корпусу 1. Перемішування біомаси здійснюється за рахунок роботи перемішувального механізму, що виконаний у вигляді валів 6 із розміщеними по гвинтовій лінії лопатками 7, причому ці вали встановлені по всій довжині реактора в місцях скруглення кутів горизонтального корпусу, який приводиться в дію від електроприводу, а також за допомогою внутрішнього гвинтового транспортера 2. Під дією анаеробних мікроорганізмів без доступу повітря проходить біохімічне збродження органічної біомаси з виділенням біогазу, який через патрубок 4 видалається з реактора. Для покращення процесу перемішування та вивантаження біомаси горизонтальний корпус 1 повертають за допомогою обертового механізму 5. Після переробки біосировини та в момент знаходження внутрішнього гвинтового транспортера 2 в нижньому положенні відбувається вивантаження збродженої біомаси. Далі зброджена біомаса транспортується зовнішнім гвинтовим транспортером 3 та через бункер 8 вивантажується із реактора. Після вивантаження збродженої біомаси горизонтальний корпус 1, за допомогою обертового механізму 5, знову повертають в початкове положення для нового циклу завантаження біосировини. Для підтримання постійних температурних режимів роботи біогазовий реактор виконано із

системою підігріву біомаси 9, а також із цією метою на зовнішній стороні горизонтального корпусу 1 змонтовано утеплювач 10.

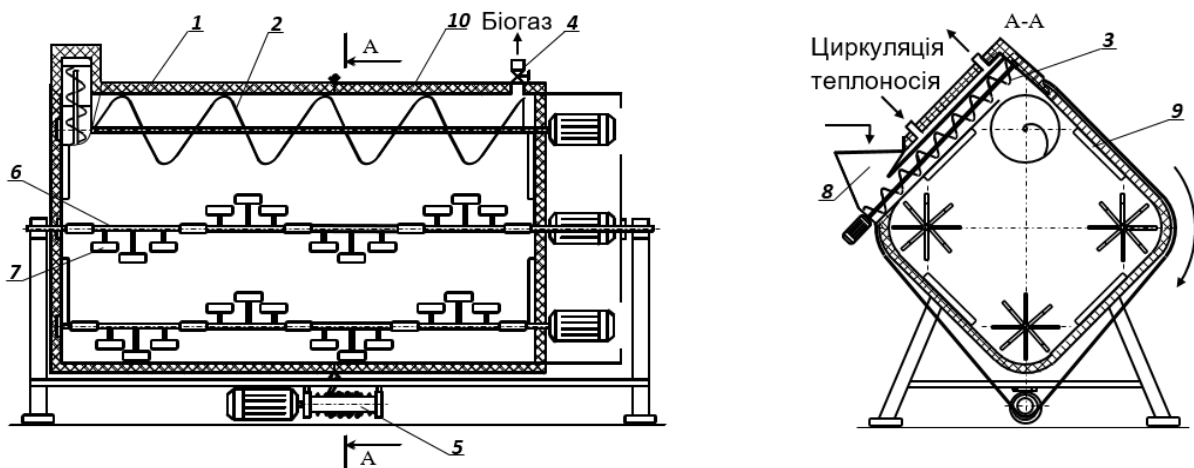


Рис. Біогазовий реактор для твердофазної ферментації:

1 – горизонтальний корпус; 2, 3 – гвинтові транспортери; 4 – патрубок для відводу біогазу; 5 – обертовий механізм; 6 – вал; 7 – лопатки; 8 – бункер для завантаження біомаси; 9 – система підігріву біомаси; 10 – утеплювач

Перевага такого реактора полягає в тому, що у верхній частині реактора встановлено внутрішній гвинтовий транспортер для завантаження та вивантаження вхідної сировини і збродженої біомаси, є можливість упродовж завантаження реактора перерозподіляти біомасу по всьому об'єму реактора, під час роботи реактора здійснювати перемішування біомаси, а в момент знаходження транспортера в нижньому положенні здійснювати вивантаження збродженої біомаси. Завдяки тому, що механізм для перемішування виконаний у вигляді валів із розміщеними по гвинтовій лінії лопатками, а також того, що ці вали встановлені по всій довжині реактора в місцях округлення кутів горизонтального корпусу, забезпечується уникнення зависання біомаси в горизонтальному корпусі та її якісне перемішування.

### Список літератури

1. Марус О.А. Аналіз конструкцій реакторів для твердофазної ферментації / О.А. Марус, Г.А. Голуб // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – Київ, 2016. – Вип. 241. – С. 380 – 387.
2. Golub G.A. Substantiation of motion parameters of the substrate particles in the rotating digesters / G.A. Golub, O.V. Skydan, S.M. Kukharets, O.A. Marus // INMATEH – Agricultural Engineering. 2019. vol. 57, no. 1, P. 179–186.

## **ІНДУКТОРИ РЕЗИСТЕНТНОСТІ НА ОСНОВІ ХІТИНОВИХ ПОХІДНИХ В ОРГАНІЧНОМУ ВИРОЩУВАННІ РОСЛИННИЦЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ**

**Теслюк В.В.**, д-р с.-г. наук, професор, Національний університет біоресурсів і природокористування України,

### **Постановка проблеми**

Екологічно чисті продукти – основна умова здорового життя людини. Проблему отримання екологічно чистої продукції люди пробують вирішувати різними шляхами. Основним напрямком одержання такої продукції в умовах виробництва є відмова від застосування ядохімікатів, але в роки епіфітотійного розвитку хвороб такі технології призводять до значної втрати урожаю [1,2]. Тому, в останні десятиріччя у світі, поряд з хімічними, а також у зв'язку із зростанням ринку екологічно чистої продукції, актуального значення набув біологічний метод захисту культурних рослин від біотичних стресів з використанням широкого спектру бактерій і грибних препаратів, які безпечні для людини, тварин та навколишнього природного середовища.

### **Аналіз останніх досліджень та публікацій**

Багато років в науці великі сили і засоби витрачаються в напрямку створення хворобостійких сортів, що дає позитивні результати. Однак, на жаль патогенні мікроорганізми пристосовуються до нових сортів значно швидше, ніж вони створюються. Визначальною складовою реалізації світової і вітчизняної стратегії біологізації землеробства є розробка біотехнологій, апробація та освоєння виробництва в промислових масштабах засобів біологізації для захисту культурних рослин від хвороб природного походження.

### **Мета дослідження**

Підвищення ефективності вирощування органічної продукції рослинництва.

### **Виклад основного матеріалу**

Новий напрямок в підвищенні стійкості рослин до хвороб виник після поглибленого вивчення взаємовідносин між рослиною і паразитом. У кожної рослини є потужний арсенал захисних механізмів від паразитних мікроорганізмів, які можна включати, обробивши їх спеціальними речовинами індукторами хворобостійкості – елісаторами [2,3]. Елісаторними властивостями володіють деякі біологічні молекули грибного



та бактеріального походження серед яких є полісахариди: глюкани, меланіни, хітин і хітозан.

Хітозан і хітин виявилися ідеальними вихідними регулярними молекулами, які беруть участь в утворенні активованих сигнальних молекул, оскільки, з однієї сторони вони є полісахаридами, а з іншої – за допомогою хімічних процедур з них можна виділити ті олігомери, які включають у рослин захисні (імунні) системи утворення антипатогенних сполук різної природи. Подальші дослідження показали, що хітозани здатні регулювати експресію багатьох генів рослинної клітини, контролювати утворення антипатогенних речовин різної природи, які володіють прямою дією. Ці речовини не токсичні і діють в малих концентраціях як сигнальні молекули.

В результаті досліджень нами була розроблена технологія отримання грибного екстракту на основі грибних глюканів, які показують високу елісаторну активність, що є основною діючою речовиною створених мікобіопрепаратів.

Багаторічні випробування показали, що застосування мікобіопрепаратів має комплексну дію і в результаті забезпечує високу біологічну ефективність на різних культурах. Встановлено, що за умов обробки насіння сільськогосподарських культур підвищується енергія проростання і схожість насіння порівняно з насінням обробленим хімічними препаратами.

### **Висновки**

Обробка насіння і рослин в період вегетації сприяє підвищенню продуктивності рослин та покращенню якості урожаю. Мікобіопрепарат на основі грибних глюканів є перспективним продуктом сучасних наукових знань в біотехнології одержання і застосування грибних глюканів для захисту рослин в органічному землеробстві.

### **Список використаних джерел:**

1. Федоренко В.П. Інтегрований захист сільськогосподарських культур в Україні / В.П. Федоренко // Інтегрований захист рослин на початку XXI століття. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. Інститут захисту рослин. – К. : Колоб'іг, 2004. – С. 3 – 28.
2. Антонець, С. С. Органічне землеробство: з досвіду ПП «Агроекологія» Шишацького району Полтавської області. Практичні

---

рекомендації [Текст] / С. С. Антонець, А. С. Антонець, В. М. Писаренко та ін. – Полтава: РВВ ПДАА, 2010. – 200 с.

3. Тютєрев С.Л. Научные основы индуцированной болезнестойчивости растений / С.Л. Тютєрев. – Санк Петербург: ООО «ИЦЗР» ВИЗР, 2002. – 328 с Тютєрев С.Л. Научные основы индуцированной болезнестойчивости растений / С.Л. Тютєрев. – Санк Петербург: ООО «ИЦЗР» ВИЗР, 2002. – 328 с.

4. Ковбасенко Р. В., Підвищення резистентності овочевих культур до хвороб / Р. В. Ковбасенко, К. П. Ковбасенко В. М. Ковбасенко, В. В. Тєслєк// Агроекологічний журнал. Червень 2008.р. Інститут агроєкології УААН. – С. 105 – 108.

## ПЕРЕДПОСІВНИЙ ОБРОБІТОК ВАЖКИХ ГРУНТІВ ДЛЯ СІВБИ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ

**Теслюк В.В.**

*д-р с.-г. наук, професор, Національний університет біоресурсів і  
природокористування України, м. Київ, vtesluk@ukr.net*

### **Постановка проблеми:**

Традиційний технологічний процес вирощування коренеплодів цукрових буряків включає послідовно виконувани операції обробки ґрунту, внесення добрив, весняної передпосівної обробки, сівби та догляду за посівами, які забезпечують необхідні умови для проростання насіння, росту і розвитку коренеплодів та накопичення в них цукру а також збирання урожаю.

### **Аналіз останніх досліджень та публікацій:**

Передпосівний обробіток ґрунту характеризується своєчасним і якісним виконанням технологічних операцій з мінімальними впливом на створений агрофон. Багаторічні результати досліджень наукових установ показують, що цукрові буряки досить вимогливі до якості передпосівної підготовки ґрунту. Тому для їх вирощування, повинні бути розроблені і впроваджені зональні прийоми і технології, які передбачали б мінімалізацію передпосівного обробітку ґрунту, особливо важкого за механічним складом.

**Мета дослідження:** Підвищення ефективності вирощування цукрових буряків на ґрунтах важких за механічним складом.

**Виклад основного матеріалу:** Аналіз розвитку науки і практики в напрямку створення енергозберігаючих й ґрунтозахисних технологій виробництва цукрових буряків дав нам підстави для розробки, дослідження та впровадження способу їх виробництва на ґрунтах важких за механічним складом, який підвищує їх продуктивність, знижує матеріальні та енергетичні затрати. Суть її полягає в наступному: восени на фоні напівпарового або поліпшеного обробітку ґрунту на вирівненій поверхні поля культиватором (наприклад УКРП-5,4 або УСМК-5,4), обладнаним туковисівними апаратами, локально вносять мінеральні добрива, які розміщують по лінії майбутніх рядків на інтервалах заданої ширини міжрядь 45 см, в зоні найкращого розвитку кореневої системи рослин на глибину 16-20 см з одночасним формуванням гребенів спеціальними робочими органами над стрічками внесених добрив.

Формування гребенів восени сприяє інтенсивному накопиченню вологи, а весною швидкому дозріванню ґрунту в зоні гребенів, що дозволяє в більш ранні строки проводити сівбу і збільшити вегетаційний період. Ранньою весною гребені зрізають до висоти 3-4 см відносно поверхні з одночасним стрічковим внесенням гербіцидів в зону рядка з наступним висівом насіння цукрових буряків.

В результаті проведених досліджень встановлено, що за умов більш ранніх строків сівби відмічено зниження ураження рослин цукрових буряків коренеїдом в 1,8 рази порівняно з традиційним, отримано достовірний приріст урожайності коренеплодів і збір цукру відповідно на 4,8 т/га і 0,7 т/га, в той же час виключення прийомів весняного боронування, шлейфування, глибокого обробітку, суцільного внесення гербіцидів, передпосівного обробітку зумовило зниження витрат праці в 1,5 рази, пального - в 2,5 рази, грошових витрат - в 1,9 рази.

#### **Висновки:**

Наукове і практичне обґрунтування технологічної операції передпосівного обробітку ґрунту шляхом осіннього формування гребенів показало позитивні результати і є актуальним для наукових досліджень та практичної реалізації технологічного процесу.

#### **Список використаних джерел:**

1. Зубенко В.Ф. Довідник буряководи / В.Ф. Зубенко. – К.: Урожай, 1991. – 237 с.
2. Гречкосій В.Д. Проектування технологічних процесів у рослинництві: навчальний посібник/ В.Д. Гречкосій, В.Д. Войтюк, Р.В. Шатров, І.І. Мельник, Я.М. Михайлович, В.Г. Опалко. – Видавничий центр НУБіП України, 2011. – 364 с.
3. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини: підручник / Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. — К.: Агроосвіта, 2015. – 679 с.
4. Рудь А.В. Механізація, електрифікація та автоматизація сільсько-господарського виробництва : підруч. у 2 т : Т 2 / [А.В. Рудь, І.М. Бандера, Д.Г. Войтюк та ін.] ; за ред. А.В. Рудя. – К. : Агроосвіта, 2012. – 432 с.; іл.
5. Рудь А.В. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва : підруч. у 2 т : Т 2 / [А.В. Рудь, І.М. Бандера, Д.Г. Войтюк та ін.] ; за ред. А.В. Рудя. – К. : Агроосвіта, 2012. – 432 с.; іл.

## КОНЦЕПЦІЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ТА КОРМОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА

*Журавель Д.П., д.т.н.*

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна.*

Однією із стратегій розвитку АПК є проблема досягнення необхідного рівня продовольчої безпеки України й забезпечення раціональних норм харчування населення. Однак, варто враховувати, що останнім часом все більшу актуальність здобуває проблема енергетичної незалежності. Для аграрного сектора економіки ця проблема проявляється в дефіциті та високій вартості нафтопродуктів, які використовуються для забезпечення функціонування мобільної енергетики [1].

Рішенням проблеми енергетичної безпеки України є заміна нафтопродуктів, що використовуються для мобільної енергетики, у тому числі й в агропромисловому комплексі (АПК), паливо-мастильними матеріалами виробленими з рослинної сировини.

Для виробництва різних олив, у тому числі моторних, а також змащувальних матеріалів, як основний компонент використовують касторову олію, яку виробляють з рицини.

Таким чином, рицина це одна з сільськогосподарських культур, ефективно виробництво й переробка якої може вирішити проблему дефіциту нафтопродуктів, які використовуються для мобільної енергетики АПК, шляхом їхньої заміни паливо-мастильними матеріалами рослинного походження.

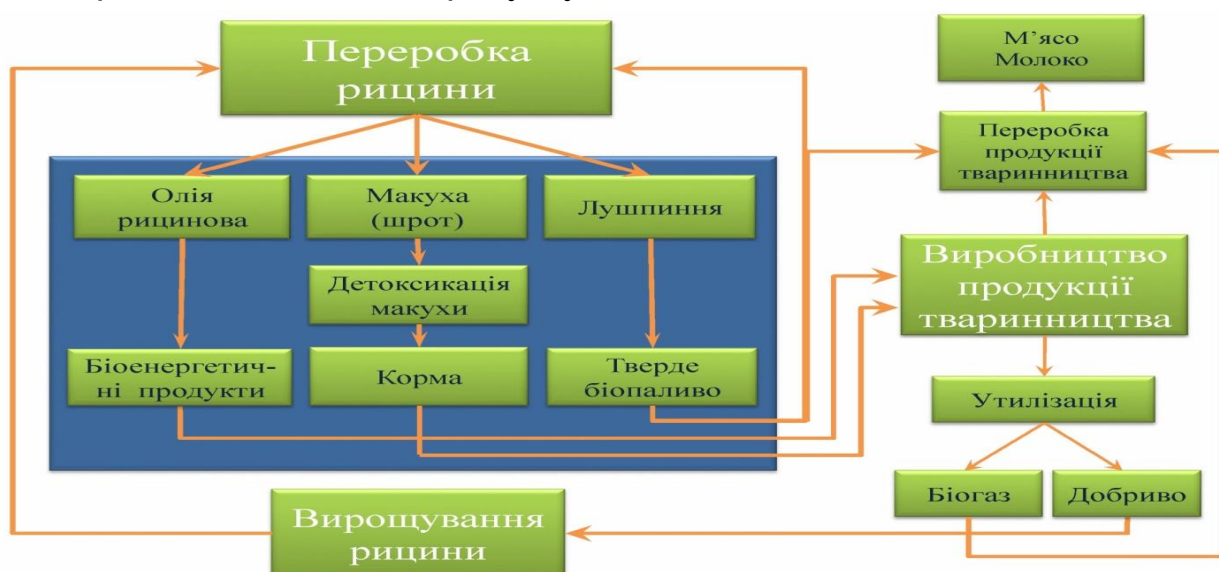
З огляду на існуючу економічну ситуацію в країні для відродження виробництва рицини насамперед необхідно створити умови її механізованого збирання та переробки.

У структурі собівартості тваринницької продукції більше 50% становить собівартість кормів. Нестача високопротеїнових добавок призводить до перевитрати кормів і погіршення якості тваринницької продукції. Продукти переробки насіння олійних культур є основним постачальником тваринництву шротів і макух. Однією з перспективних культур є рицина. Насіння рицини містить близько 50% олії і 18% білка. Унікальна по своєму складу касторова олія, в якій рицинолевої кислоти припадає на частку 90% всіх жирних кислот, є важливою промисловою сировиною. Макуха, що залишилася після виділення з насіння олії, не

можна використовувати на корм худобі, тому що вона містить ряд токсичних елементів. Проте, якщо ступінчасто детоксикувати шкідливі речовини макухи рицини, можна успішно використовувати при згодовуванні ВРХ, свиням та птиці так як вона містить високий відсоток білків та жирів. Допоміжними є рослинні залишки від збирального вороху, лушпиння та відходи переробки, з яких можна виробляти біогаз та тверде біопаливо.

Енергетична та продовольча є загально визнаною проблемою сьогодення. Найбільш вагомими складовими енерговитрат виробництва продукції тваринництва та птахівництва є паливно-мастильні матеріали та корма. У вирішенні цієї проблеми першочерговим завданням є необхідність пошуку шляхів заміни нафтової сировини для виробництва паливно-мастильних матеріалів та електроенергії на сировину рослинного походження, тобто сировину з поновлюваних джерел [2].

Виходячи з того, що біосировина олійних культур завдяки своїм енергетичним, харчовим та кормовим властивостям займає дуже важливе місце в сільськогосподарському виробництві. Тому їх виробництво та використання повинне, по-перше, не зменшувати родючості ґрунтів; по-друге – не завдавати шкоди навколишньому середовищу; та принаймні не зменшувати загальний баланс продовольчих товарів в раціоні харчування людей. Виконання наведених обмежень можливе за наявності науково-обґрунтованої стратегії виробництва і переробки олійних культур та їх місця в загальній схемі задоволення потреб сучасної економіки. Концепцію такої стратегії наведено на рисунку 1.



**Рис.1. Концепція енергетичного та кормового забезпечення виробництва продукції тваринництва**

Головна ідея енергетичного і кормового забезпечення виробництва тваринницької продукції, яка закладена в цій концепції, полягає в тому, щоб, по перше, організувати такий тип виробництва, при якому відходи однієї галузі служили б сировиною для іншої (це є основою безвідходної технології). По-друге, після конверсії в продукцію тваринництва відходи можна використовувати в виробництві олійних культур, забезпечуючи відновлення родючості ґрунтів, чим створюємо умови для отримання поновлюваних джерел енергії.

Крім цього, при такій концепції можливе отримання олій для харчового та енергетичного задоволення потреб економіки. Слід зазначити, що при використанні олійних культур для енергетичного забезпечення перевагу віддають технічним культурам.

Використання наведеної концепції забезпечить відновлюваність отримання палива у вигляді біодизелю для мобільної енергетики, та твердого біопалива для технологічних процесів переробки; компенсує винос поживних речовин ґрунту за рахунок внесення органічних добрив, отриманих під час зброджування гною; застосування знезараженої рицинової макухи у вигляді високобілкових кормових добавок для годівлі великої рогатої худоби. Крім того, побічні продукти знезараження продуктів переробки рицини можуть бути успішно застосовані для захисту рослин від деяких шкідників.

Таким чином на підставі аналізу літературних джерел і власних досліджень ми вважаємо, що для забезпечення енергетичних і кормових потреб виробництва тваринницької та іншої сільськогосподарської продукції, рицина є найбільш бажаною олійною культурою, виробництво якої на півдні України нажаль призупинено.

В зв'язку з цим доцільно відродити виробництво рицини, що дозволить створити переробну базу для виробництва енергетичної біосировини та кормів для тварин і птиці.

### **Список використаних джерел.**

1. Дидур В. А., Надыкто В. Т., Журавель Д. П., Юдовинский В. Б. Особенности эксплуатации мобильной сельскохозяйственной техники при использования биодизельного топлива. Тракторы и сельхозмашины. 2009. № 3. С. 3-6.
2. Журавель Д. П., Петренко К.Г. Энерго-экологичні аспекти використання біопалива. Екологічне підприємництво в АПВ: зб. наук. праць міжнар. наук.-практ. конф. ТДАТУ. Мелітополь, 2008. С. 45-47.

## ПРОБЛЕМИ ТА ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ НА ОСНОВІ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В УКРАЇНІ

*Абдулін М.З., д.т.н., доцент кафедри теплоенергетичних установок теплових і атомних електростанцій, Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»*

*Кільницька К.О., студентка, Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»*

Питання забруднення навколишнього середовища, раціонального використання природних ресурсів, пошуку сучасних можливостей удосконалення існуючих систем виробництва і переробки різноманітної продукції та промисловості в цілому є чи не найактуальнішими з огляду на екологічну ситуацію в світі. Розвиток подій у кожній країні ретельно досліджують та аналізують наукові експерти, впроваджуються заходи зі стимулювання країн до вдосконалення промислових систем, додаються нові податки на забруднення, всесвітні організації заохочують держави до підвищення рівня екологічності за рахунок надання певних фінансових привілеїв та можливостей розвитку на світовому ринку.

Економічна та соціальна політика України спрямована на покращення екологічних показників атмосфери, водних та земельних ресурсів, інформування та заохочення населення до покращення стану навколишнього середовища. Одним із найчастіше вживаних способів впливу на ці показники є перехід вітчизняної об'єднаної енергосистеми (далі ОЕС) від ТЕЦ та АЕС на основі традиційних видів палива: вугілля, природного газу та уранових руд, до альтернативної енергетики на основі відновлюваних джерел енергії (далі ВДЕ), що дозволяє не тільки покращувати екологічну ситуацію, а й керувати ефективністю енергетики країни. Саме тому розвиток відновлюваної енергетики за останні роки набув особливо важливого значення. Конкретні національні плани розвитку до 2035 р. представлені у таблиці 1.

З огляду на дані (табл.1 та 2), мета 2015 року, а саме частка ВДЕ у ЗППЕ – 4%, була виконана у 2017 році, а стратегічно необхідний приріст потужностей в 0,8% був досягнутий в країні лише в 2016 році. Крім інтенсифікації виробництва електроенергії на основі відновлювальних джерел енергії, наразі проводяться активні дії щодо впровадження енергозберігаючих технологій.

З урахуванням цього, загальний приріст частки ВДЕ у загальному постачанні первинної енергії за розглянуті 5 років складає всього 2%.



Таблиця 1  
Енергетична стратегія України щодо ВДЕ до 2035 р.

Показник	2015 р.	2020 р.	2025 р.	2030 р.	2035 р.
Частка ВДЕ (включно з гідроенергетичними потужностями та термальною енергією) у загальному постачанні первинної енергії, %	4	8	12	17	25
Частка ВДЕ (включно з гідроенергетичними потужностями) у генерації електроенергії, %	5	7	10	>13	>25

Джерело: побудовано за даними Міністерства енергетики та захисту довкілля України [1]

Діюча стратегічна мета України – збільшення частки ВДЕ у загальному постачанні первинної енергії (далі ЗППЕ) на 4-8% кожні п'ять років, тобто орієнтовно 0,8-1,6% на рік, однак до 2018 року відновлювана енергетика в Україні розвивалася значно повільніше (табл.2).

Таблиця 2  
Енергоспоживання на основі відновлюваних джерел в Україні за 2012-2018 рр.

Назва показника	2014 р.	2015 р.	2016 р.	2017 р.	2018 р.	2018 р. до 2014 р., +/-
ЗППЕ, тис. т н.е.	105683	90090	91658	89462	93165	-12518
Із нього						
Гідроенергетика, тис. т н.е.	729	464	660	769	897	168
у % до підсумку	0,7	0,5	0,7	0,9	1,0	0,3
Енергія біопалива та відходів, тис. т н.е.	1934	2102	2832	2989	3195	1261
у % до підсумку	1,8	2,3	3,1	3,3	3,4	1,6
Вітрова та сонячна енергія, тис. т н.е.	134	134	124	149	197	63
у % до підсумку	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1
Усього енергія від відновлюваних джерел						
Загальне постачання енергії від відновлюваних джерел, тис. т н.е.	2797	2700	3616	3907	4289	1492
Частка постачання енергії від відновлюваних джерел у ЗППЕ, %	2,6	3,0	3,9	4,4	4,6	2,0
Приріст у % до попереднього року, +/-	-	0,4	0,9	0,5	0,2	-

Джерело: побудовано за даними Державної служби статистики України [2]

В зв'язку з цим ЗППЕ у натуральному вираженні з 2014 р. до 2018 р. зменшується на 12518 тис. т нафтового еквіваленту, тобто на 11,84 %.

Варто додати, що розглянута вище Енергетична стратегія України є діючою з 25.09.2017 р. і потребує оновлення, оскільки, згідно з даними таблиці 2, на час її опублікування показники, що стосуються ВДЕ, для 2015 року були виконані частково: частка ВДЕ у ЗППЕ становить 2,6% замість представлених 4%.

Крім вітчизняних статистичних служб енергетичну ситуацію в Україні контролюють також і зарубіжні експерти. Енергоспоживання на основі відновлюваних джерел енергії в Україні за даними IRENA (International Renewable National Agency) представлені у таблиці 3.

Таблиця 3

Енергоспоживання на основі відновлюваних джерел в Україні  
в 2014-2017 рр. за даними IRENA

Назва показника	2014 р.	2015 р.	2016 р.	2017 р.
Гідроенергетика, тис. т н.е.	510,3	338,6	469,0	575,6
Енергія біопалива та відходів, тис. т н.е.	1517,1	1703,2	2111,8	2319,9
Вітрова та сонячна енергія, тис. т н.е.	99,8	97,9	129,0	193,1
Загальне споживання енергії на основі ВДЕ за даними IRENA, тис. т н.е.	2127,2	2139,7	2709,8	3088,6
ЗППЕ від відновлюваних джерел за даними Державної служби статистики України, тис. т н.е.	2797	2700	3616	3907
Відхилення даних IRENA до Держслужби статистики, %	-24,16	-20,75	-25,06	-20,95

Джерело: побудовано за даними IRENA [3] та Державної служби статистики [2]

Варто зазначити, що показники енергоспоживання на основі ВДЕ за даними IRENA значно відрізняються від українських. Відхилення більшості показників досягають істотних розбіжностей: наприклад, енергоспоживання на основі вітрової та сонячної енергій у натуральному вираженні за 2017 рік за даними IRENA складає 97,9 тис. т н. е., а за даними Державної служби статистики України – 134 тис. т. н. е., тобто відхилення даних складає –26,94 %. Навіть при використанні різних методологій та методик розрахунку показників, що прийняті в світовій практиці, такі відхилення є суттєвими. Така ситуація потребує подальшого дослідження та уточнення, оскільки енергетика є стратегічно важливою галуззю, що оперується точними даними, в якій кожен відсоток потужності істотно впливає на ефективність, соціальний захист і безпеку населення. Особливо прискіпливо необхідно відноситись саме до альтернативної енергетики, оскільки у багатьох електричних станцій, що працюють на основі ВДЕ, коефіцієнт корисної дії відносно низький і його збільшення хоча

б на один відсоток є складною інтелектуальною та фізичною працею, що потребує значних витрат різноманітних ресурсів та вкладення суттєвих інвестицій.

Розвиток ОЕС країни за допомогою збільшення потужностей альтернативної енергетики має також велику кількість суттєвих недоліків. Недостача ресурсів науково-технічної бази та низькі темпи удешевлення технології виробництва вітрових та сонячних електростанції не дають змоги збільшувати потужності альтернативної енергетики через необхідність значних капіталовкладень. Всі ці особливості впливають на ціноутворення продукції та послуг. За матеріалами [4] зростання ціни на електроенергію призведе до зниження темпів розвитку країни у перспективі, створить значні ризики щодо можливості виникнення кризи неплатежів за електроенергію з усіма негативними наслідками.

Головною особливістю роботи вітрових (ВЕС) та сонячних (СЕС) електростанцій за даними [5] незмога прогнозування їх потужності навіть в короткостроковій перспективі та стохастичний режим роботи з можливістю швидких змін потужності, а також значні відмінності графіків виробництва ними електроенергії у різні, навіть суміжні дні. Також варто зазначити, що енергетика на основі ВДЕ вимагає значних земельних ресурсів: СЕС, ВЕС та висококалорійні олійні культури, що використовуються в біоенергетиці в якості палива, займають величезні площі, змінюють екосистему навколо себе, впливають на основні показники якості ґрунтів, які є основним ресурсом чи не найпотужнішого в Україні аграрного сектору. Вітрові та сонячні електростанції недоцільно встановлювати на родючих земельних ділянках, які є важливим і дорогоцінним ресурсом України, та поблизу житлових зон. Стосовно енергетики біопалива та відходів: біоенергетичні культури потребують великої кількості поживних речовин, що призводить до виснаження ґрунту і унеможливорює їх повторне вирощування на тій самій земельній ділянці без постійного удобрення. Крім того, технологічний процес утворення біогазу є достатньо нестабільною хімічною реакцією та потребує модернізації технологій переробки.

Таким чином, реалізація стратегії енергозбереження на основі розширення альтернативної енергетики сприятиме досягненню екологічного, соціального та економічного ефектів. Диверсифікація постачання енергії забезпечує енергоефективність та енергоавтономію окремих територій, зміцнить енергетичну незалежність країни. Концепція трансформації енергетичного сектору країни на основі відновлюваних джерел енергії дозволить отримати суттєву вигоду і створити відносно

екологічно безпечне надійне постачання енергії. Однак, треба зауважити, що існує суттєва розбіжність у натуральних показниках енергогенерації та споживання з відновлюваних джерел у вітчизняних статистичних служб та за даними спеціалізованих міжнародних організацій. Така ситуація потребує обґрунтування та узгодження методології оцінки використання та споживання енергії на основі ВДЕ. Крім того, орієнтування на зростання частки відновлюваних джерел енергії у ЗППЕ вимагає вдалої розстановки пріоритетів держави і визначення доцільності встановлення нових енергетичних потужностей на основі відновлюваних джерел енергії з урахуванням як позитивних, так і негативних їх сторін.

### **Використана література:**

1. Енергетична стратегія України на період до 2035 року / Міністерство енергетики та захисту довкілля України. URL: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/doccatalog/list?currDir=50358> (дата звернення 29.04.2020 р.)
2. Енергоспоживання на основі відновлюваних джерел за 2007 – 2018 рр. / Державна служба статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення 29.04.2020 р.)
3. Final Renewable Energy Consumption. International Renewable Energy Agency : веб-сайт. URL: <https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Renewable-Energy-Balances/Final-Renewable-Energy-Consumption> (дата звернення 29.04.2020 р.)
4. Костюковський Б. А. Проблеми та перспективи розвитку генеруючих потужностей об'єднаної енергосистеми України. *Проблеми екології и експлуатації об'єктів енергетики* : сб. трудов учасн. XXVIII Междунар. конф. Киев : ИПЦ АЛКОН НАН Украины, 2019. С.16–20.
5. Костюковський Б. А., Шульженко С. В., Масюк Р. С. Проблеми та перспективи прискореного зростання потужностей ВЕС та СЕС в об'єднаній енергетичній системі України. *Проблеми екології и експлуатації об'єктів енергетики* : сб. трудов учасн. XXVIII Междунар. конф. Киев : ИПЦ АЛКОН НАН Украины, 2019. С. 24–27

## УПРАВЛІНСЬКІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ СУЧАСНОЇ ПОЛІТИКИ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ ДЕРЖАВИ

*Климчук О.В., д.е.н., доцент кафедри адміністративного менеджменту та альтернативних джерел енергії, Вінницький національний аграрний університет*

Державна регулююча система виконує свої функції щодо розвитку економіки, зосереджуючи зусилля на пріоритетах, які поетапно змінюються з її входженням у високорозвинуті ринкові відносини. Як показує світовий досвід, період такого входження можна умовно поділити на три етапи, кожний з яких відзначається певною мірою інтервенції держави в економіку [1]. Перший етап (характерний для сучасного періоду розвитку економіки України) включає функції щодо широкого регулювання економічних процесів державою: формування й розміри інвестицій, обсяг державних витрат, темпи зміни реальної заробітної плати, рівень зайнятості працездатного населення, розподіл доходів, формування сукупного попиту, рівень виробництва, сальдо платіжного балансу. Другий етап передбачає послідовне звуження функцій втручання держави в розвиток економіки та передачу їх суто ринковим відносинам: зростання зайнятості населення, стабільність цінової політики, сальдо платіжного балансу, сталість економічного розвитку. На третьому етапі передбачається подальше звуження втручання держави у господарську діяльність суб'єктів, де перед державою постають лише найважливіші стратегічні завдання: контроль над інформацією, досягнення нової якості зростання у широкому розумінні.

Стійкі загальносвітові тенденції зростання цін на викопні енергоресурси, посилення негативного впливу життєдіяльності людини на стан екологічної системи, а також подальше загострення конкуренції національних економік під дією глобалізаційних процесів актуалізували проблему ефективного державного регулювання країн у енергетичній сфері та визначили його сучасні пріоритети. Вказана проблема загострилася й для нашої держави. Лише підпорядковуючи власну енергетичну політику таким цілям, як гарантування енергобезпеки, зростання енергоефективності та досягнення екологічного збалансування на макрорівні, Україна зможе адекватно реагувати на зазначені виклики сучасності й нівелювати вплив несприятливих коливань зовнішньої і внутрішньої кон'юнктури на національну конкурентоспроможність. З огляду

на поточний рівень технологічного розвитку й енергетичної залежності від зовнішніх джерел, найголовнішим фактором системної конкурентоспроможності в Україні є ефективність використання паливно-енергетичних ресурсів [2].

Фундаментальне значення енергетики у всіх галузях економіки та соціальній сфері буде зумовлювати її першочергову роль у забезпеченні безпеки подальшого розвитку людської цивілізації. У формуванні енергетичної сфери будь-якої країни найбільш впливовими факторами є: наявність різних видів ресурсів палива, їх обсяги та доступність для використання; вартісні характеристики енергоносіїв і економічна доцільність споживання конкретного його виду; ринкова вартість технології, що запроваджена для генерування енергії; наявність ринкової конкуренції між різними виробниками енергії; проведення дієвої політики енерго- й ресурсозбереження; дотримання комплексу екологічних вимог, які висувуються суспільством і державою до виробників енергії; розробка й функціонування такої енергетичної безпеки, щоб забезпечити максимальне зменшення негативного впливу на економіку країни можливих внутрішніх і зовнішніх економіко-політичних подій. Безумовно, під час внутрішньої господарської діяльності вагомість кожного з факторів буде залежати від конкретної ситуації, однак енергетика кожної держави неодмінно буде відчувати вплив загальносвітових тенденцій [3].

Кризові явища в різних галузях економіки, в тому числі в енергетиці, мають відповідний цикл періодичності й не можуть тривати постійно. Під час їх подолання у державах здійснюється якісне оновлення суспільно-економічного життя, відбувається ефективне розв'язання нагальних техніко-технологічних, нормативно-правових і екологічних проблем, що в подальшому передбачає такі пріоритетні напрями: післякризове динамічне зростання економіки; стимулювання приросту попиту на паливно-енергетичні ресурси на світовому, національному й регіональному енергетичних ринках; посилення енергетичної залежності країн, що мають низький власний природно-ресурсний енергетичний потенціал; зростання конкурентної боротьби на сировинних і товарних ринках. Важливо враховувати міжнародні аспекти енергетичної безпеки, включаючи вплив експортно-імпортних поставок енергоносіїв, інвестицій, різного обладнання на національну безпеку та стабільність економічних і політичних взаємовідносин між державами, а також забезпечувати реалізацію Європейської Енергетичної Хартії та міжнародне реагування на надзвичайні ситуації. Зазначені процеси вказують на необхідність розробки

економічних, правових і організаційних механізмів щодо забезпечення енергетичної безпеки держави.

Енергетична безпека держави характеризує ступінь виконання паливно-енергетичним комплексом основних його профільюючих функцій перед суспільством та державою як у звичайних, так і в критичних умовах та надзвичайних ситуаціях. Виконання енергетикою таких функцій зводиться до життєздатності систем енергетики й технічної безпеки енергетичних об'єктів. Визначальні методологічні положення щодо забезпечення енергетичної безпеки держави пов'язані з низкою аспектів:

1) унікальністю критичних і надзвичайних ситуацій екстремального характеру й пов'язаними з цим проблемами їх моделювання, оцінками ймовірності таких явищ і наслідків для систем енергетики та споживачів;

2) необхідністю детального ієрархічного моделювання елементів і системи паливно-енергетичного комплексу, виходячи з можливості крупномасштабних критичних та надзвичайних ситуацій, можливості розвитку несприятливих явищ, взаємозалежності й взаєморезервування систем енергетики, обмежених технічних можливостей енергетичних об'єктів і зв'язків між ними у таких ситуаціях, а також ієрархічного моделювання споживачів, враховуючи структурні елементи та використовувані технології;

3) важливістю розуміння ризику критичних і надзвичайних ситуацій, їх наслідків та двоетапним підходом до досліджень і прийняття обґрунтованих рішень (на рівні оптимізації розвитку енергетики) через нормативи, обмеження, компенсаційні витрати тощо;

4) аналізуванню наслідків для енергетики й споживачів за відповідних сценаріїв розвитку критичних і надзвичайних ситуацій, з виявленням ефективності конкретних заходів з підвищення енергетичної безпеки;

5) комплексним підходом до розгляду проблеми в оперативному розрізі – підтримання у готовності оперативних засобів, адаптування їх до змін поточної ситуації, локалізація критичної або надзвичайної ситуації та зменшення її негативних наслідків, ефективне відновлення функцій системи.

Економічна безпека України вимагає наявності достатньої кількості паливно-енергетичних ресурсів для реалізації відтворюваних процесів у всіх сферах суспільно корисної праці, забезпечення стабільності розвитку суспільства й підтримання незалежності держави щодо формування внутрішньої і зовнішньої політики. Під час вибору енергоносіїв та

технологій їх отримання необхідно керуватися вартістю повного циклу енергопостачання (виробництво, транспортування, розподіл і споживання енергії), включаючи витрати на охорону здоров'я й навколишнє середовища. Для України, енергетична та економічна політика якої на сучасному етапі розвитку не забезпечує необхідного ефекту для посилення енергетичної складової у формуванні національної конкурентоспроможності, потрібно на основі внутрішньої специфіки перейняти позитивний закордонний досвід у сфері демонополізації енергетичного сектора й нарощування біопаливного виробництва. Вирішення проблеми енергозабезпечення на основі конкурентоспроможного виробництва біопалив сприяє подоланню економічної відсталості та дозволяє піднятися на орбіту цивілізованої економічно незалежної європейської держави.

Оцінюючи параметри регулювання вільного ринку, потрібно визначати дієвість економічних регуляторів (ціни, кредитні ставки, митна й податкова політика та інші), що буде сприяти не тільки оптимальній адаптації виробників до правил регульованого ринку правової держави, але й забезпечить вибір найефективнішої сфери у підприємницькій діяльності. При цьому важливе практичне значення має те, що саморегулюючий механізм ринку породжує недосконалі монополістичні форми конкуренції, тому щоб розпочати процеси демонополізації необхідно адміністративними методами подрібнити монополістичні утворення. Це одна з головних причин посилення ролі держави в перехідний період становлення відновлюваної енергетики, коли конкуренція має спиратися на здорові моральні принципи. Така система конкуренції не може виникнути стихійно, її здатне сформувати лише державне регулювання [4].

Планувати виробляти біопалива потрібно не лише на великих заводах, але й на підприємствах малої потужності, що дозволить зробити технологічний процес більш гнучким і пристосованим до українського й світового ринків. Перевагою таких заводів є можливість комплектації обладнанням вітчизняного виробництва нижчої вартості та зростання можливості кооперації виробників сировини й біопалив. Такі заходи при зростаючому попиті на біопалива у Європі сприятимуть нарощуванню рівнів залучення вітчизняних та іноземних інвестицій і передових технологій у виробництво й використання біопалив [5].

Процес регулювання потрібно спрямувати так, щоб виробництво біопалив зберігало свою динамічну стійкість, забезпечивши стабільність і



вдосконалення стану її упорядкованості та підтримку зв'язків між суб'єктом і об'єктом управління. Це вимагає запровадження заходів, що враховують вимоги природної зміни систем, які динамічно розвиваються, розробивши комплекс нових завдань у зв'язку із впливом природних сил та переходом системи в новий стан у процесі сталого розвитку [4]. Виробництво й споживання біопалив потрібно розглядати як засіб у підвищенні рівня децентралізації при забезпеченні енергоносіями, що сприятиме прискоренню розвитку та впровадженню відповідної техніки та технологій. Розвиток національного біопаливного виробництва здатний підвищити енергоефективність економіки України до показників розвинутих країн світу. Споживання біопалив має прискорити темпи зниження енергомісткості ВВП, в результаті чого у коротко- або середньостроковій перспективі відбудеться зростання конкурентоздатності вітчизняних товарів на світових ринках [6]. Свобода дій та наявність конкуренції у ринкових умовах господарювання вказує на повну оперативну самостійність біопаливних підприємств у організації і плануванні всіх виробничих процесів, встановленні обсягів виробленої продукції, виборі з ким співпрацювати й кому продавати вироблену продукцію. Водночас, виробнича діяльність таких підприємств має бути підпорядкована загальній економічній ситуації в країні та міжгалузевим пропорціям, а також враховувати кон'юнктуру ринку, його потреби й вимоги, рівень платоспроможного попиту населення. Економічними перевагами будуть користуватися лише ті підприємства, які утворюють конгломерат, розташовуючись поряд один з одним та зі своїми ринками збуту.

Таким чином, ринкові умови вимагають від України багатогранного структурного перегляду векторів розвитку паливно-енергетичного комплексу, а також перебудови всієї економіки з врахуванням енергетичного фактора. Тобто ставиться безпрецедентне за масштабами, багатогранністю й складністю комплексне завдання – якнайшвидше здійснити переведення енергетики на якісно нову модель розвитку. Замість широко використовуваної моделі кількісного (екстенсивного) розвитку, на основі якої енергетика України розвивалась упродовж багатьох десятиків років, вона потребує переходу до принципів сталого розвитку енергетичної галузі. Більшість економічно розвинутих країн світу неухильно дотримуються цього напрямку й альтернативи йому наразі немає. Розвиток паливно-енергетичного комплексу України має бути узгоджений з вимогами економіки держави, що зумовить зменшення питомої ваги енергетики в загальній структурі виробничих комплексів і мінімізацію

збитків, яких зазнає навколишнє природне середовище. Необхідно розробити загальну стратегію його розвитку на віддалену перспективу, на базі якої будуть формуватись програми на більш короткі періоди із постійним збільшенням частки відновлюваних видів енергії у загальній структурі енергоспоживання, де пріоритет має надаватись конкурентоспроможному виробництву біопалив. Також потрібно створити передумови для істотного зменшення енергомісткості економіки за рахунок упровадження нових технологій, прогресивних стандартів, сучасних систем контролю, управління й обліку, транспортування та споживання енергетичних продуктів і розвитку ринкових механізмів стимулювання виробництва біопалив.

#### Список літератури

1. Панасюк Б., Панасюк О. Інвестування за рахунок внутрішніх резервів. Економіка України. 1997. № 3. С. 4-17.
2. Єрмілов С. Проблеми та шляхи удосконалення державної політики України у галузі енергозбереження. Економіка України. 2006. № 9. С. 4-11.
3. Климчук О.В. Розвиток та регулювання конкурентоспроможного виробництва біопалив: Монографія. Вінниця: ФОП Рогальська І.О., 2017. 372 с.
4. Климчук О.В. Принципи формування енергетичної політики України на засадах конкурентоспроможності в умовах економічного розвитку. Економіка. Фінанси. Менеджмент. 2016. Вип. № 7 (11). С. 64-73.
5. Дубініна М.В. Інституційні особливості розвитку біоенергетики. Зб. наук. праць ВНАУ. Серія: Економічні науки. 2012. Вип. 2 (64). Т 1. С. 31-36.
6. Климчук О.В. Концептуальні принципи розробки та регулювання енергетичної політики України на конкурентоспроможному рівні. Бізнес Інформ. 2016. № 2. С. 83-87.

## СУЧАСНІ ІТ-ІНСТРУМЕНТИ В МОДЕЛЮВАННІ ПРОЦЕСІВ ЖИВОЇ І НЕЖИВОЇ ПРИРОДИ

*Грабар І.Г., д.т.н., завідувач кафедри, Поліський національний університет*

*Грабар О.І. к.т.н., доцент, ДУ «Житомирська політехніка»*

*Крилов А.В., Кіриєнко М.О., магістранти ФІЕ ПНУ*

Однією з основних задач наукового дослідження є виявлення закономірності явища чи процесу. Наступним етапом є побудова максимально достовірної математичної моделі явища чи процесу. Серед величезної кількості можливих моделей (алгебраїчних, диференціальних чи інтегральних, скалярних, векторних чи тензорних, лінійних чи нелінійних, одно-, двох- чи багатомірних тощо) важливо вибрати оптимальну для заданої конкретної задачі. І від вдалості такого вибору залежить дуже багато – що отримає світова наука: фундаментальний закон, цікаву закономірність, чи нагромадження довгих і складних формул, які не здатен запам'ятати навіть автор.

Критеріїв оптимальності моделей є досить багато [1], однак строгої теорії та алгоритмів вибору оптимальної моделі до даного часу не створено. Однак є кілька елементарних вимог, котрим має задовольняти оптимальна модель процесу чи явища:

- Підтверджуватись експериментально в максимально широкому діапазоні зміни керуючих параметрів;
- Бути максимально простою і короткою;
- Не перечити фундаментальним законам Природи.

Більшість великих законів сучасної науки, що утворюють її фундамент (закони Ньютона, Гука, Ома, Кулона, всесвітнього тяжіння, газового стану і т.п.) повністю задовольняють вказаним вимогам. Звичайно, в лінійному наближенні в умовах стаціонарних полів та однорідних ізотропних середовищ. Як показало їх поширення на випадок нестаціонарних неоднорідних полів для анізотропних середовищ в нелінійній постановці, а інколи – з сингулярностями (типу тріщин чи вирізів) ці законів суттєво ускладнюється.

Зрозуміло, що побудова математичної моделі навіть в найпростішій постановці вимагає віртуозного володіння методами алгебри та математичного аналізу. А тенденції розвитку сучасної освіти – майже

протилежні, дуже далекі від досконалої математичної підготовки інженера і науковця. Очевидно, причин цьому – багато, і навіть їх виявлення ситуацію виправить не відразу.

Чи є вихід із цього зачарованого кола?

Наш досвід показує, що часткове вирішення можливе у поглибленні вивчення і практичного засвоєння:

1. Числових методів;
2. Excel;
3. MatCAD тощо.

Так, числові методи дозволяють отримати кількісні оцінки поведінки моделі в будь-якій постановці [2]. І хоча в цьому випадку необхідні певні навички володіння математичними методами, на сьогоднішній день провідними ІТ-компаніями світу розроблені інструменти з дуже великими можливостями для дослідників (наприклад, SOLIDWORKS, де є широкі можливості кількісного моделювання явищ та процесів). В середовищі ІНТЕРНЕТ до багатьох із них є доступ, в т.ч. – і безкоштовний [3-4].

Середовище Excel – універсальний інструмент для інженера, економіста, еколога, біолога. Перш за все – це можливість дуже швидкої апроксимації експериментальних даних та отримання математичної моделі процесу чи явища, правда, лише з невеликого діапазону алгебраїчних моделей (степенева функція, експонента, логарифмічна функція, цілочисловий поліном до 5-го рівня). Для суттєвого розширення можливостей Excel також необхідні певні навички, а вони досягаються – практичним досвідом. Ось шляхи розширення можливостей Excel:

- Вдалі заміни змінних ( $t = x^m$ ;  $t = x - x_0$ ;  $t = \sqrt{x}$ ; ... );
- Поворот та зсув координат;
- Варіації будь-яких параметрів бібліотечних функцій до досягнення максимуму коефіцієнта кореляції тощо.

При засвоєнні магістерського курсу «Методологія та організація наукових досліджень» кафедра ПМіОА Поліського національного університету з 2015 року основну увагу в моделюванні процесів зосереджено на широкому застосуванні середовища MatCAD [5-6]. На рис.1 наведено головну сторінку одного з сайтів практичного використання середовища MatCAD [5]:



Рис.1. Один із сайтів практичного використання MatCAD  
(<https://math.semestr.ru/>)

Як слідує з рис.1, можливості використання MatCAD дуже великі: вища математика, аналітична геометрія, теорія матриць, теорія ймовірностей, що дає додаткові можливості магістрантам в моделюванні явищ і процесів, навіть за умов недосконалої математичної підготовки.

#### Література:

1. Математическое моделирование и методы оптимизации: Учебное пособие / Ф.Г. Ахмадиев, Р.М. Гильфанов. – Казань: , 2017. – 178 с.
2. Иванов Д.В., Доль А.В. И20 Введение в метод конечных элементов: – Саратов: Амирит, 2016. – 84 с.
3. Пробна онлайн-версія SOLIDWORKS  
[https://intersed.kiev.ua/online\\_trial](https://intersed.kiev.ua/online_trial)
4. Продукты SOLIDWORKS. - <https://www.intersed.kiev.ua/products>
5. <https://math.semestr.ru/>
6. Грабар І.Г., Водяницький Г.П., Ярош Я.Д., Грабар О.І. Активне використання середовища MathCAD – значний резерв покращення університетської освіти. – Наукові читання. ФІЕ ЖНАЕУ. – Житомир. – 2019.

## СИСТЕМА АЛЬТЕРНАТИВНОГО ПОСТАЧАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ РОДОВОЇ САДИБИ (САПЕРС)

*Грабар І.Г., д.т.н., завідувач кафедри ПМіОА  
Солом'яний О.С., Павлишин О.О., магістранти ФІЕ  
Поліський національний університет*

Рух від урбанізації до родових садиб, як перший прояв постіндустріальної цивілізації, розпочався в 70-80 роки 20 століття. З самого початку рух включав різні аспекти:

- Екологічний (оздоровлення планети);
- Продовольчий (самозабезпечення продуктами органічного землеробства);
- Соціальний (відновлення колективної свідомості в родовому поселенні);
- Економічний (само зайнятість населення);
- Етнографічний (відновлення традицій Роду);
- Духовний (єднання з Природою) та ін;

Потужним стимулом розвитку руху РС послугувала серія книг Володимира Мегре [1]. Це – рідкий випадок впливу книг не тільки на емоційному рівні, а й як покликання до дії. Можна сміливо сказати, що серія книг В.Мегре про Анастасію змінила долі багатьох тисяч людей на всій планеті [2].

Однак події першої половини 2020 року – всесвітня пандемія коронавірусу, режим самоізоляції населення в більшості країн світу висвітлив ще одну сильну сторону родових садиб і родових поселень – медико-безпекову. Саме РС, її автономність, екологічність, гармонія з Природою дозволила багатьом жителям планети значно легше перенести режим самоізоляції. В поєднанні з мережею ІНТЕРНЕТ РС дозволила поєднати комфортність режиму самоізоляції з відчуттям інформаційної єдності з соціумом, не відчувати себе ізольованим інформаційно, вести спілкування, переписку, дистанційно навчатись і навчати, проводити господарські роботи в РС, займатись бізнесом, виробничою чи науковою діяльністю.

Колосальною перевагою РС є практична незалежність від господарів світових мереж – тепло-; газо-; водопостачання та водовідведення. Єдиним проблемним компонентом РС залишається, крім ІНТЕРНЕТУ, залежність від електромережі. І випадки (на жаль, не поодинокі!)

відключення електричних мереж (профілактика, аварії, сильний вітер, обледеніння, мокрий сніг, розлив річок, снігові лавини і т.п.) суттєво погіршують якість життя в РС, в тому числі – якості харчування (холодильники, електропечі), інформаційного забезпечення (ІНТЕРНЕТ, TV, мобільний телефон), освітлення в нічний час тощо.

Виходячи зі сказаного, авторами розроблено, обґрунтовано та частково апробовано Проект системи альтернативного постачання електроенергії родової садиби (САПЕРС), включаючи можливість тривалого відключення від електромережі (100-1000 годин і більше).

На основі проведеного аналізу електроспоживання РС за 2015-19 рр. в умовах лісостепу та полісся України виявили, що сім'я із 3-4 осіб в РС площею 100 м<sup>2</sup> використовує за добу:

- Літній період – 5-10 кВт\*год;
- Зимній період – 10-20 кВт\*год.

В цей перелік потрапляє електропостачання освітлення, електроінструменту, холодильника, комп'ютер, TV, транспортування теплоносіїв в тепломережі, підкачка води та водовідведення (група 1). Використання електроенергії на обігрів – хоча ця тенденція за останні 10 років суттєво прогресує (в нічний час тариф – 50% від номіналу) в даному Проекті не розглядається.

Теплове забезпечення РС рекомендуємо здійснювати печами або котлами на твердому паливі (дрова, солома, відходи обробки деревини, наливні брикети, пілети тощо).

Для належного електропостачання споживачів групи 1 в Проекті передбачена генерація електроенергії РС 30 кВт\*год/добу. Це дозволяє забезпечувати середньодобову потужність САПЕРС  $N_{сер} = 30/24 = 1,25$  кВт.

До складу даної САПЕРС в даному Проекті включено;

- Бензиновий (дизельний) інверторний генератор  $N_1 \geq 2$  кВт ;
- Блок сонячних модулів  $N_2 \geq 2$  кВт;
- Блок вітро-електрогенераторів  $N_3 \geq 0,5$  кВт;
- Центральний акумулятор 600 В об'ємом  $W \geq 100$  А\*год;
- Інвертор;
- Мікроконтролер;
- Комунікаційна система підключення до зовнішньої електромережі;

- Комунікаційна система підключення до автономної локальної електромережі родового поселення (за домовленістю – при наявності резервів електроенергії у сусідів).

В наступній версії Проекту передбачається включення до САПЕРС біогазової установки потужністю 8-10 м<sup>3</sup> біогазу на добу, або еквівалентною середньодобовою потужністю  $N_4 \geq 3$  кВт.

Автори стверджують, що реалізація вказаного Проекту в РС дозволяє тривале і надтривале (100 – 1000 год і більше) автономне існування РС без зовнішнього електропостачання, хоча економічно це є більш затратним.

Тенденції автономізації РС будуть наростати, і не в останню чергу – із-за досягнень фундаментальної науки, нових технологій і матеріалів. Так, розробка та масове впровадження світлодіодних ламп дозволило скоротити енерговитрати на освітлення в 7-10 разів при одночасному зростанні ресурсу ламп в 2-3 рази і суттєвому стимулюванні автономного електрозабезпечення. Розвиток світлодіодів та сонячних модулів привели до появи на ринку автономних автоматичних мікроосвітлювальних систем у складі «сонячна мікропанель – літій-іонний акумулятор – світлодіодна лампа – датчик освітлення - мікропроцесор», що в недалекому майбутньому зніме проблему освітлення в РС. І хоча їх потужність на сьогодні дуже мала – до 1-2 Вт, їх ціна стрімко знижується (\$2-3), а потужність і ккд зростає, що до 2030 року може привести до заповнення 30-50% світового ринку освітлення.

З нашої точки зору, перспективними саме для родових садиб і родових поселень можуть стати: - Генеруючі модулі потужністю 0,7-1,4 кВт на гужовому приводі (одно- та двокінні «каруселі»); - Велогенератори потужністю 50-100 Вт (для спортивних тренувань під регульованим навантаженням, корегування ваги, статури тощо); - Велодоріжки з генератором 10 - 100 Вт та інші. Популярна нині тема використання енергії малих річок також може бути привабливою для САПЕРС, але без порушень ландшафтів, без будівництва гідроспоруд, без підтоплення територій. Поява на ринку дуже доступних за ціною освітлювальних приладів сімейства LED (потужністю 0,2-0,5 Вт, вартістю \$1, ресурсом до 100 год з можливістю підзарядки) також сприяє розвитку САПЕРС. І зовсім екзотичні джерела САПЕРС – як, наприклад, модулі холодного ядерного синтезу потужністю 5-10 кВт, що вже сьогодні пропонує ринку італійський підприємець Андреа Россі [5-6] в недалекому майбутньому дають надію потіснити інші САПЕРС та сприяти забезпеченню комфортного, щасливого, екологічно безпечного життя в родовій садибі.



### Економічна доцільність САПЕРС.

Автономна сонячна електростанція потужністю 1,5 кВт при вартості 5800 Є, за 12 годин генерації протягом 300 днів в рік при ціні електроенергії 1 грн/кВт\*год має термін окупності  $T_{ок} = 5800 \cdot 30 / (1,5 \cdot 12 \cdot 300 \cdot 1) = 32,2$  років. І це – без врахування експлуатаційних витрат. Зрозуміло, що така САПЕРС не витримає конкуренції з централізованими мережами електропостачання.

Бензинові/дизельні електростанції – при ккд в межах 0,25-0,38 і ціні на пальне 20 грн/л та енергоємності пального 40-44 МДж забезпечують вартість 1 кВт\*год в межах 4,3 – 7,2 грн, що також далеко від конкурентних переваг.

Тому при сьогоднішньому паритеті цін на перший план переваг САПЕРС ставимо забезпечення життєдіяльності РС в умовах перебоїв централізованого постачання електроенергії.

### Приклад реалізації САПЕРС:

На рис.1-3 наведено елементи часткової реалізації Проекту САПЕРС в одній із РС авторів.



A

Рис.1. Система підключення САПЕРС та зовнішньої електромережі: А – блок підключення РС (з лічильником) до зовнішньої мережі; В – перемикач електропостачання з зовнішньої електромережі (положення 1), САПЕРС (положення 2) та відключення обох постачальників (положення 0); С – розетка підключення САПЕРС.



Рис.2. Кабель підключення САПЕРС.



Рис.3. Резервний бензиновий модуль NIK 2700i з інверторним генератором, як один із елементів даної САПЕРС (потужність 2,7 кВт, витрати пального 0,9 л/год, рівень шуму до 77 дБ, об'єм двигуна 118 см<sup>3</sup>, час безперервної роботи до 3,5 годин, вартість 19,6 тис. грн) [3]

При витратах бензину 0,9 л/год при його енергоємності 40 МДж витрати бензинові складають 36 МДж, або 10 кВт\*год, тоді як потужність

електрична – 2,7 кВт, і, відповідно, отримана електрична енергія за годину роботи генератора складе 2,7 кВт\*год. Звідки ккд установки НіК 2700і : Ккд =  $(2,7/10)*100\% = 27\%$

Ще одним елементом даної САПЕРС є 6 сонячних модулів НТ72-156М-С 390W [4] загальною потужністю  $6*390 = 2340$  Вт, загальною площею 11,8 кв.м, та загальною вагою (без кріплень) 1380 Н та загальною вартістю 22 200 грн.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Мегре В. Анастасия. Книга первая – М - СПб. : Диля. – 2010. – 224 с.
2. Васильєв М.Л., Грабар І.Г., Молодецька С.В., Плотнікова М.Ф. Родова садиба: економіка, технології, комунікації, екологія. – Житомир. – 2017. – 272 с.
3. <https://m.ua/desc/nik-2700i/>
4. <https://ekotechnik.in.ua/>
5. [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B4%D1%80%D0%B5%D0%B0\\_%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D1%96](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B4%D1%80%D0%B5%D0%B0_%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D1%96)
6. [https://zn.ua/energy\\_market/buduschee-uzhe-nastupilo-no-my-etogo-ne-zametili-i-s-azartom-stremimsya-v-proshloe-315338\\_.html](https://zn.ua/energy_market/buduschee-uzhe-nastupilo-no-my-etogo-ne-zametili-i-s-azartom-stremimsya-v-proshloe-315338_.html)

## РЕЗУЛЬТАТИ ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ КАВІТАЦІЙНОГО ДИСПЕРГАТОРА-ГОМОГЕНІЗАТОРА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ СИРОВИНИ РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ

*Е. Б. Алієв, канд. техн. наук, старший дослідник, доцент*

*О. Ю. Алієва, науковий співробітник*

*Р. Д. Малєгін, магістрант*

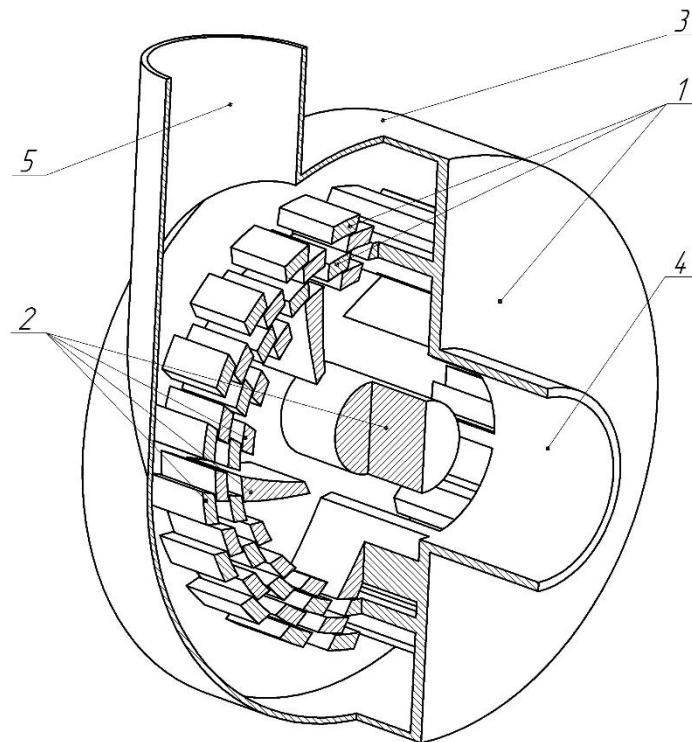
*Дніпровський державний аграрно-економічний університет*

Метою досліджень є обґрунтування конструктивно-технологічної схеми кавітаційного диспергатора-гомогенізатора сільськогосподарської сировини рослинного походження на кормові цілі шляхом чисельного моделювання.

Для досягнення поставленої мети запропоновано наступну конструкцію робочих органів кавітаційного диспергатора-гомогенізатора, яка представлена на рис. 1. Конструктивно резонатори статора і конфузори ротора в момент їх співставлення утворюють лопаті, кривизна яких повторює кривизну робочого колеса відцентрового насоса. Це дає можливість забезпечити необхідний потік рідини за рахунок утворення різниці тисків на вхідному і вихідному патрубках.

Запропонований кавітаційний диспергатор-гомогенізатор працює наступним чином. Вхідний і вихідний патрубки підключені до ємності із компонентами кормової суміші. Ротор кавітаційного диспергатора-гомогенізатора виконує обертання навколо власної вісі. В результаті чого створюється різниця тисків між вхідним та вихідним патрубками і рідина із компонентами кормової суміші починає проходити через отвори, які періодично утворюються між статором і ротором. При перекритті отворів статора і ротора відбувається різке підвищення тиску – прямий гідравлічний удар. Таким чином суміш послідовно обробляється гідроударами. У момент суміщення отворів статора і ротора суміш отримує велику кінетичну енергію в отворах. При цьому відбувається різке падіння тиску з одночасним падінням швидкості руху суміші. На вході в отвір утворюються кільцеві зони, в яких відбувається схлопування бульбашок рідини суміші, що призводить до додаткового руйнування від знакоперемінних навантажень. Окрім цього потік суміші насичений кавітаційними бульбашками, з великою швидкістю врізається в стаціонарний шар суміші. Напроти кожного отвору утворюються коловоротні зони схлопуваних кавітаційних бульбашок. Велика сумарна

кількість утворення кавітаційних бульбашок забезпечує інтенсивний дифузійний обмін між рідкою та газовою фазами, в результаті чого відбувається гомогенізація, розігрівання та знезараження оброблюваного середовища й прискореного активуючих реакцій.



1 – статор; 2 – ротор; 3 – корпус; 4 – вхідний патрубок; 5 – вихідний патрубок

*Рисунок 1 – Розроблена конструкція робочих органів кавітаційного диспергатора-гомогенізатора*

Для перевірки роботи пропонуваніх робочих органів кавітаційного диспергатора-гомогенізатора проведемо чисельне моделювання з використанням програмного пакету Star CCM+ [1-2]. Для проведення моделювання була побудована сітка 3D моделі області між ротором і статором кавітаційного диспергатора-гомогенізатора із базовим розміром комірки – 0,001 м. Моделювання проводилися з використанням моделі багатофазної взаємодії, Ейлеревої багатофазності, метода об'ємної рідини (VOF). Рух фаз підпорядковується к-ε моделі турбулентності. При першому наближенні суміш представлялася як двофазне середовище рідина-газ, при цьому газом є газоподібна фаза рідини. Термодинамічний стан суміші припускався як роздільна багатофазна температура. Було прийнято, що рідина в процесі руху мала постійну щільність, а газ був ідеальним. Взаємодія між фазами рідина-газ підпорядковувалася моделі об'ємної рідини VOF-VOF і кавітації Schnerr-Sauer.

Для даного попереднього чисельного моделювання частота обертання ротора була прийнятою 3000 об/хв. При цьому період ітерацій складав 0,01 мс.

В результаті чисельного моделювання отримано розподіл тиску по області між робочими органами і корпусом кавітаційного диспергатора-гомогенізатора, який приведено на рис. 2, а.

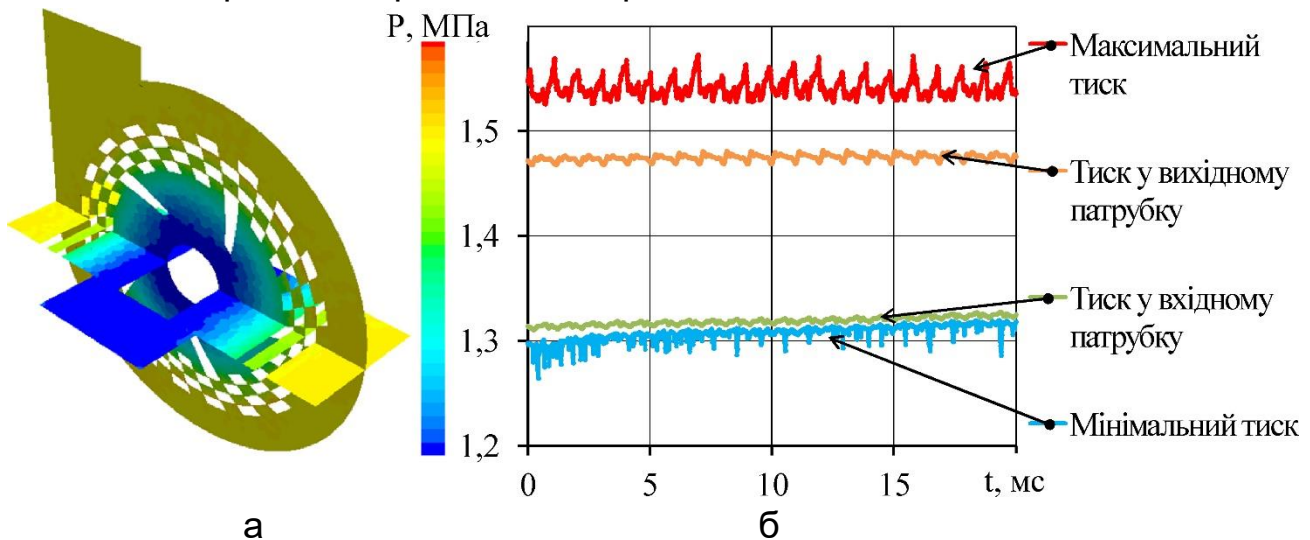


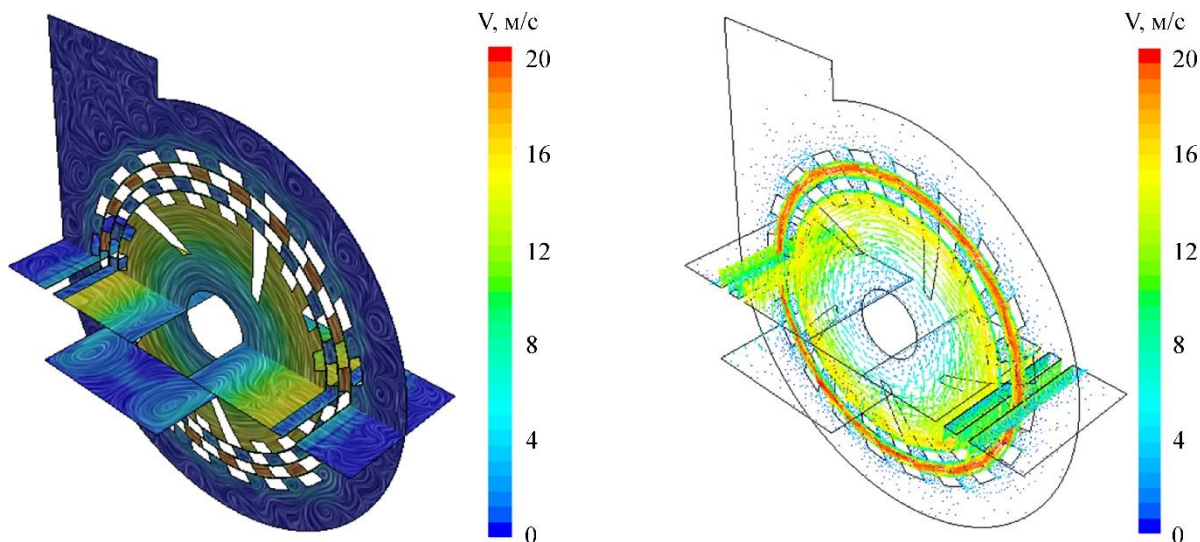
Рисунок 2 – Розподіл (а) і динаміка (б) тиску по області між робочими органами і корпусом кавітаційного диспергатора-гомогенізатора

На рис. 2 видно різницю тиску між вхідним і вихідним патрубками кавітаційного диспергатора-гомогенізатора (0,15 МПа), що свідчить про створення відповідного напору і руху рідини, що підтверджується рис. 3.

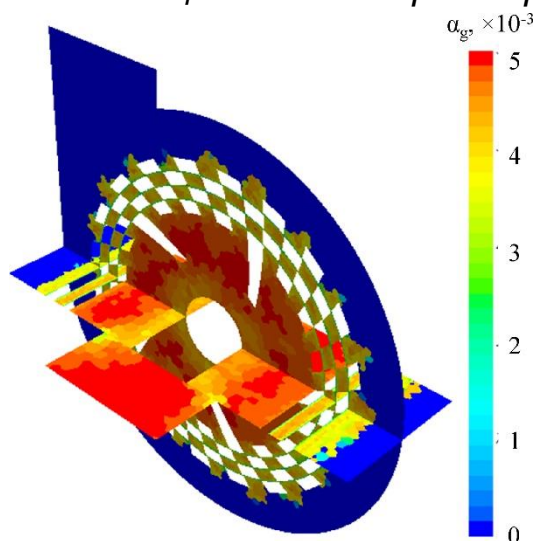
Динаміка зміни тиску представлена на рис. 2, б в діапазоні часу 20 мс, що відповідає одному оберту ротора. З рисунку видно коливання максимального тиску в межах від 1,52 МПа до 1,57 МПа, що обумовлено періодичністю перекриття резонаторів та конфузорів і перетіканню рідини крізь отвори, які утворюються.

Також на рис. 2 зазначені області мінімального і максимального тиску між резонаторами і конфузорами, що призводить до утворення і схлопування бульбашок газоподібної фази рідини. Це явище видно на рис. 4, що ілюструють розподіл концентрації газоподібної фази рідини по області між робочими органами і корпусом кавітаційного диспергатора-гомогенізатора відповідно.

Накладаючи розподіл і динаміку зміни (рис. 5) температури в області між робочими органами і корпусом із областями утворення газоподібної фази рідини можна стверджувати про виникнення явища кавітації, що може бути позитивно використана при подрібненні компонентів кормової суміші.



*Рисунок 3 – Розподіл швидкості руху рідини по області між робочими органами і корпусом кавітаційного диспергатора-гомогенізатора*



*Рисунок 4 – Розподіл концентрації газоподібної фази рідини по області між робочими органами і корпусом кавітаційного диспергатора-гомогенізатора відповідно*

Окрім зазначеного векторне поле швидкостей по всій області між робочими органами і корпусом кавітаційного диспергатора-гомогенізатора (рис. 5) доводить факт виникнення сильного турбулентного потоку рідини і газоподібної фази, що позитивно вплине на якість перемішування компонентів кормової суміші.

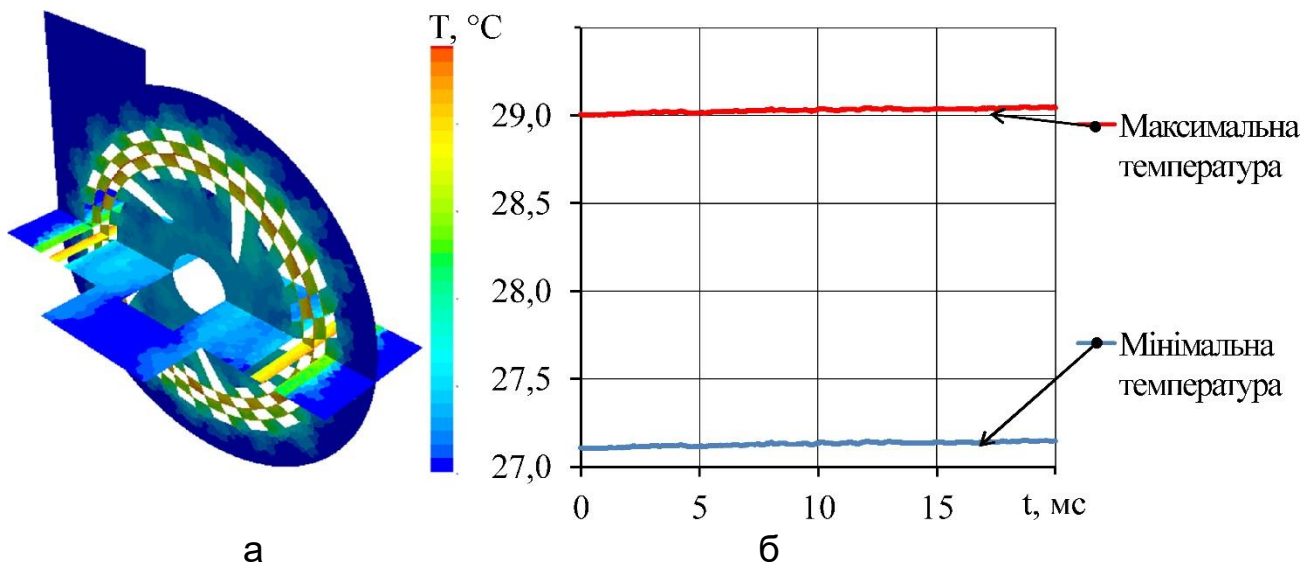


Рисунок 5 – Розподіл (а) і динаміка (б) температури рідини в області між робочими органами і корпусом кавітаційного диспергатора-гомогенізатора

В результаті досліджень запропонована і обґрунтована конструкцію робочих органів (ротор і статор) кавітаційного диспергатора-гомогенізатора сільськогосподарської сировини рослинного походження. Конструктивно резонатори статора і конфузори ротора в момент їх співставлення утворюють лопаті, кривизна яких повторює кривизну робочого колеса відцентрового насоса.

В результаті чисельного моделювання процесу кавітаційної диспергації на розробленій конструкції доведено її ефективність в якості насоса для прокачування рідини із компонентами кормової суміші, а також в якості подрібнювача використовуючи гідравлічний удар, який утворюється в наслідок явища кавітації в резонаторах статора і конфузорах ротора.

#### Список літератури

1. Aliev, E. B., Vandura, V. M., Pryshliak, V. M., Yaropud, V. M., Trukhanska, O. O.. Modeling of mechanical and technological processes of the agricultural industry. *INMATEH – CUPRINS. Vol. 54, Nr. 1. 2018. P. 95-104.*
2. Алієв Е. Б., Лабатюк Ю. М. Чисельне моделювання механіко-технологічних процесів агропромислового виробництва. Сучасні проблеми вдосконалення технічних систем і технологій у тваринництві: *Вісник Харківського Національного технічного університету сільськогосподарства імені Петра Василенка. Харків, 2017. Вип. 180. С. 67-71.*



## МІКОБІОПРЕПАРАТИ В ТЕХНОЛОГІЯХ ЗАХИСТУ КУЛЬТУРНИХ РОСЛИН ВІД ХВОРОБ

*Теслюк В.В., д-р. с.-г. наук, професор, Національний університет  
біоресурсів і природокористування України*

*Ікальчик М.І., к.т.н., доцент, ВП НУБіП України «Ніжинський  
агротехнічний інститут»*

*Мироненко І.Г., студент, Національний університет біоресурсів і  
природокористування України*

### **Постановка проблеми:**

Втрати продукції рослинництва від шкідливих організмів становлять 30 – 50 %, що призводить до значних економічних збитків. Збільшення виробництва рослинницької продукції вирішують шляхом розробки і впровадження комплексних заходів сільськогосподарського виробництва [1]. Захист культурних рослин від біотичних стрес-чинників, особливо хвороб, в технологічному процесі вирощування польових культур був і залишається однією із кардинальних проблем. Для забезпечення одержання якісного і стабільного урожаю рекомендується використання екологічно безпечних, високоефективних заходів захисту сільськогосподарських культур від хвороб. Тому розробка і створення новітніх біотехнологій захисту культурних рослин від хвороб є актуальним науковим і практичним напрямом.

### **Аналіз останніх досліджень та публікацій:**

Використовуючи широкий спектр фундаментальних методичних підходів до вирішення цієї глобальної проблеми, біологи все більше уваги приділяють генетичному потенціалу стійкості, який повною мірою не реалізується культурною рослиною в умовах дії шкідливих організмів та екологічного стресу. Аналіз технологій засвідчує, що на практиці сьогодні ширше використовують хімічні засоби, а пестициди природного походження застосовують дуже обмежено, тому що біотехнологія їх одержання і застосування носить фрагментарний характер, не формалізована і не систематизована [2].

**Мета дослідження:** Підвищення стійкості рослин проти негативних впливів шляхом впровадження технологій індукції захисних механізмів.

### **Виклад основного матеріалу:**

Опрацьовані нами наукові матеріали засвідчують, що нині актуального значення набуває системний підхід у вивченні новітнього способу підвищення природної стійкості рослин до хвороб шляхом

стимуляції захисних механізмів із використанням біологічно активних речовин з елісаторними властивостями. Тому пошук ефективних біотехнологій одержання і застосування препаратів природного походження для індукування захисних механізмів рослин є актуальним у науковому і практичному аспектах [3,4].

Встановлено, що полісахариди хітин, хітозан й глюкани володіють елісаторними властивостями, беруть участь в захисті культурних рослин від хвороб шляхом вмикання генів захисту та біосинтезу антипатогенних фітоантибіотиків – фітоалексинів.

Одним із перспективних і альтернативних сировинних джерел одержання полісахаридів хітину й хітозану є вищі базидіальні гриби. Нами запропоновано біотехнологію виробництва і застосування мікобіопрепарату із трутовика справжнього, досліджено фізико-механічні властивості плодових тіл, екотоксикологічний вплив рослини і навколишнє середовище.

#### **Висновки:**

Отримані теоретичні і практичні результати ефективності цих полісахаридів дозволили нам розробити біотехнологію одержання мікобіопрепаратів й запропонувати новітні препарати на основі хітину, хітозану і глюканів.

#### **Список використаних джерел:**

5. Федоренко В.П. Інтегрований захист сільськогосподарських культур в Україні / В.П. Федоренко // Інтегрований захист рослин на початку XXI століття. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. Інститут захисту рослин. – К. : Колобіг, 2004. – С. 3 – 28.

М. Писаренко та ін. – Полтава: РВВ ПДАА, 2010. – 200 с.

6. Тютєрев С.Л. Научные основы индуцированной болезнестойчивости растений / С.Л. Тютєрев. – Санкт-Петербург: ООО «ИЦЗР» ВИЗР, 2002. – 328 с.

7. Кошевський І.І., Активация захисних механізмів овочевих культур/ І.І. Кошевський, В.В. Тєслюк, Р.В. Ковбасенко, В.М. Ковбасенко // Інтегрований захист рослин на початку XXI століття. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. Інститут захисту рослин. – К. : Колобіг, 2004. – С. 343 – 348.

8. Ковбасенко Р. В., Підвищення резистентності овочевих культур до хвороб / Р. В. Ковбасенко, К. П. Ковбасенко В. М. Ковбасенко, В. В. Тєслюк// Агроєкологічний журнал. Червень 2008.р.Інститут агроєкології УААН. – С. 105 – 108.

## АНАЛІЗ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ КОПІРА АПАРАТА ВОДІННЯ КОРЕНЕЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ

*Барановський В.М., д.т.н., професор Тернопільський національний  
технічний університет ім. Івана Пулюя*

*Теслюк В.В., д-р с.-г. наук, професор, Національний університет  
біоресурсів і природокористування України*

*Вечера О.М., ст. викладач, Національний університет біоресурсів і  
природокористування України*

*Долюк В.М. студент, Національний університет біоресурсів і  
природокористування України*

### **Постановка проблеми:**

Важливим резервом збільшення валових зборів зерна, технічних та інших сільськогосподарських культур є ріст оснащеності сільськогосподарського виробництва високопродуктивними машинами, і підвищення їх експлуатаційних показників [1,2].

Зменшення втрат технічних культур в країні лише на 1% рівнозначно збільшенню посівних площ на 1 млн. га.

За статистичними даними втрати кормових буряків під час збирання коливаються в межах від 4 до 13% і їх величина значною мірою залежить від типу збиральних машин та систем керування робочими органами [3].

Тому одним із шляхів удосконалення автомата керування є спрощення його конструкції і одночасно підвищення точності і надійності роботи

### **Аналіз останніх досліджень та публікацій:**

Одними з найбільш вагомих є втрати внаслідок механічного пошкодження коренеплодів в процесі їх викопування внаслідок несправності, або недостатньої ефективності автомата керування.

Тому в конструкціях коренезбиральних машин, для забезпечення допустимого рівня пошкоджень і втрат, займає система керування (СК), яка повинна забезпечити необхідну точність ведення комбайна по рядках при високих швидкостях збирання. Це дозволить підвищити продуктивність машини, зменшити втрати коренів, а також полегшити умови праці механізатора, оскільки система керування звільняє його від важкої монотонної роботи при керуванні машиною під час виконання технологічного процесу.

**Мета дослідження:** Підвищення ефективності збирання буряків шляхом удосконалення автомата керування-апарата водіння.

**Виклад основного матеріалу:** Роль копіра-розрихлювача -

відслідковувати рядки буряків, розпушувати ґрунт і підрізати бур'яни. Крім цього, до позитивного моменту слід віднести те, що клин розрихлювача стабілізує технологічний процес відслідковування рядків буряків при малій висоті їх головок і не допускає різких коливань в процесі роботи.

Серійний автомат керування коренезбиральної машини МКК-6 в нормальних умовах збирання кормових буряків задовільно виконує свої функції. Однак його конструкція не пристосована для збирання кормових буряків, які були вибиті гичкозбиральною машиною і знаходяться в міжряддях, що знижує його ефективність при експлуатації.

В результаті аналізу роботи копіра автомата керування коренезбиральної машини запропоновано нове вирішення технічної задачі, яке полягає в удосконаленні конструкції автомата керування коренезбиральних машин, шляхом удосконалення конструкції копіра.

Удосконалений автомат керування складається з двох основних частин – кінематики механічної системи і гідравлічної частини.

Гідравлічна система є виконавчою, яка забезпечує керування передніми колесами машини у відповідності з отриманими сигналами орієнтації.

Для забезпечення надійності і точності відслідковування (копіювання) рядків необхідно встановити таку відстань розміщення датчиків, щоб плоскі елементи пер не затискалися коренями направляючих рядків, але й не знаходилися далеко від них, тобто були з мінімальним зазором.

#### **Висновки:**

Використання запропонованого копіра автомата керування коренезбира-льної машини дозволить підвищити ефективність використання бурякозбиральної техніки. Річний економічний ефект від впровадження запропонованого автомата водіння на одну машину склав 5962,8 грн.

#### **Список використаних джерел:**

1. Гречкосій В.Д. Проектування технологічних процесів у рослинництві: навчальний посібник/ В.Д.Гречкосій, В.Д.Войтюк, Р.В. Шатров, І.І.Мельник, Я.М.Михайлович, В.Г.Опалко. – Видавничий центр НУБіП України, 2011. – 364 с.
2. Барановський В. Основні етапи та сучасні тенденції розвитку коренезбиральних машин / Віктор Барановський // Вісник Тернопільського держ. техн. ун-у. – Тернопіль : ТДТУ, 2006. – Т. 11. – № 2. – С. 67–75.
3. Булгаков В.М. Теория свеклоуборочных машин : Монография / В.М. Булгаков, М.И. Черновол, Н.А. Свирень. – Кировоград : "КОД", 2009. – 256 с.

УДК 633.521:631.17

## **ПРО ВІДРОДЖЕННЯ ЛЬОНАРСТВА В УКРАЇНІ ТА ПОПЕРЕДНИКИ ЯК ФАКТОР І СКЛАДОВА ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ЛЬОНУ- ДОВГУНЦЯ**

*Лімонт А.С., к. т. н., доцент  
Житомирський агротехнічний коледж*

Порівняно з іншими сільськогосподарськими культурами льондовгунець – безвідходна рослина, що дає три види продукції: насіння, волокно та кострицю, яку одержують при первинній обробці рошенцевої льонотрести. Виробництво льону-довгунця розглядають як таке, що сприяє екологічно сприятливому розвитку механізованих технологічних процесів в рослинництві (А. Лімонт, 2016). В процесі вегетації рослини льону-довгунця очищають ґрунт від важких металів. Насіння льону-довгунця захищає людський організм від шкідливої післядії радіаційного опромінення та сприяє виведенню з організму радіонуклідів. Виготовлені на основі льоноволокна із композитних матеріалів автомобільні деталі не потребують утилізації, оскільки шляхом біологічної обробки можуть перетворитися у звичайний гумус (В.Г. Дідора та ін., 2008).

За відомостями (В.Ф. Сайко, 1996) 200 років тому половина території України була зайнята лісом, а нині – близько 14%. Зниження площі заліснення вважають однією з причин, що спричиняють розвиток ерозії ґрунтів. В роки усталеного льонарства в Україні одержували 380 тис. т костриці, що відповідало річному приросту деревини на площі 92,5 тис. га лісу (В.Г. Дідора та ін., 2008).

Костриця містить 21–29% лігніну, а технічний гідролізний лігнін переробляють для потреб сільського господарства на лігностимульвальне добриво. У ґрунті лігнін перетворюється на гумінові кислоти, які сприяють росту коренів. Лігнін за тлумаченням фахівців – це аналог гумусу і меліоратор ґрунту.

Костриця містить також 45–58% целюлози, похідні якої, крім іншого, застосовують для виготовлення порошу, а мішані порохи використовують як тверде ракетне паливо. На льонозаводах кострицю використовували як висококалорійне паливо, теплова здатність якого становить близько 16 МДЖ/кг. З костриці отримують екологічно чистий утеплювач, застосування якого для теплоізоляції будівель дозволяє скоротити тепловтрати житла і заощадити теплові ресурси держави.

При переробці насіння льону-довгунця одержують олію, яку використовують для виробництва дизельного біопалива [1], що у зв'язку з висловленим вище дозволяє розглядати льондовгунець і як енергетичну

культуру, яка посідає певне місце в біоенергетичних системах агропромислового виробництва.

У 2012 р. посівна площа і площа, з якої зібрано урожай льону-довгунця, в Україні становила всього 2 тис. га [2], а в 1975 р. ще до аварії на Чорнобильській АЕС посівна площа цієї культури в колективних сільськогосподарських підприємствах України доходила до 238 тис. га. В країнах ЄС (Бельгія, Голландія, Франція) в 2011 р. посівна площа льону-довгунця становила 67,8 тис. га, а в Росії у 2012 р. – 57,4 тис. га [3]. Поряд з таким станом посівних площ льону-довгунця урожайність льоноволокна в Україні порівняно з іншими льоносіючими країнами значно нижча. Якщо в 2012 р. урожайність волокна в Україні становила 8,6 ц/га [2], то в тих же країнах ЄС (Бельгія, Голландія і Франція) в 2005 р. урожайність волокна льону-довгунця становила 20,3 ц/га [3]. Ще в недалекому минулому Україна виробляла до 17% світового обсягу виробництва льоноволокна [4]. Для виробництва високоякісних платтяних, білизняних і інтер'єрних лляних тканин необхідно довге волокно номером 12 і вище [5], а фактично «середній номер...довгого волокна надзвичайно низький і становить в останні роки 9,3–10,0» [6, с. 5]. Тому виробники лляних тканин вимушені імпортувати довге волокно потрібної якості [5, 6]. Аналізуючи сучасний стан льонарства в Україні, дослідники [7, 8] вихід із кризового стану вбачають, крім іншого, в поліпшенні технології виробництва льону-довгунця.

Б.А. Доспєхов (1963), аналізуючи результати піввікового дослідження сівби льону-довгунця на одній ділянці, вказував, що на сьомий рік сівби льон загинув. В подальші роки льон давав дуже низькі врожаї або гинув і такий стан посівів та ґрунту дослідник характеризував як «льоновтому ґрунту». Сіяти льон на одному і тому самому полі потрібно не раніше як через 5–6 років (В.Б. Ковальов і Д.С. Смик, 1985). Вибір відповідних попередників і передпопередників та дотримання часу повернення льону на попереднє місце вирощування дозволяє уникнути «льоновтоми ґрунту» (М.І. Палилюлько та О.Я. Стрельчук і В.В. Підлісний, 2010). Попередники сільськогосподарських культур розглядають як фактор і складову технології їх виробництва (В.Ю. Ільченко та ін., 1993, 1996). Вибір попередника зумовлений як часом збирання культури, так і якістю агротехнічного фону для неї. Так, вологозабезпеченість і відповідні запаси вологи в ґрунті, що визначають польову схожість насіння і густоту сходів, забезпечують перш за все попередники (А.Г. Нетреба, 1990). Вибір технології та способів основного і передпосівного обробітку ґрунту, його удобрення, сівби та догляду за посівами здійснюють з урахуванням попередників льону-довгунця. Власне визначення попередника і є вже

початком проектування і розробки технології виробництва будь-якої сільськогосподарської культури.

Узагальнення наукових даних про попередники льону-довгунця здійснив Б.С. Долгов (1967), який проаналізував значну кількість літературних джерел, в т.ч. англійських видань та видань німецькою, польською і чеською мовами.

У Франції льон-довгунець частіше сіють після пшениці, яку висівають по конюшині. В Бельгії і Голландії до дуже добрих попередників відносять овес, до добрих – пшеницю, ярий ячмінь, жито і кукурудзу, до задовільних – картоплю і цукрові буряки, а до поганих – конюшину, цілину і горох. В Данії кращим попередником вважають зернові, особливо ячмінь і овес після конюшини та трав на насіння. Датський науково-дослідний інститут льону не рекомендує сіяти льон після конюшини та інших бобових культур, оскільки підвищення урожаю льону не окупається зниженням його якості.

У Швеції льон почали розміщувати після зернових за рахунок зменшення площ сівби культури після картоплі і по пару. Тепер в Німеччині кращими попередниками льону-довгунця вважають картоплю і овес, в Ірландії льон-довгунець висівають після пшениці, жита, вівса або картоплі, а в Англії – після вівса, якому передують трави на випас.

У Польщі на удобреному ґрунті за належної агротехніки добрим попередником льону-довгунця вважають просапні культури, а на менш удобрених ґрунтах – бобові та суміш бобових із зерновими. В Чехії на низинних ґрунтах вважають доцільнішим сіяти льон після озимих, що йдуть по конюшині або люцерні, оскільки за таких умов льон менше вилягає.

Б.С. Долгов, аналізуючи експериментальні дані різних науково-дослідних установ, в т.ч. дослідних станцій і дослідних полів та сортодільниць Білорусі, Росії та України про урожайність соломи і волокна та насіння льону-довгунця, а також номери довгого волокна залежно від досліджуваного попередника, доходить висновку, що єдиної думки щодо попередників льону-довгунця ще немає.

В.Б. Ковальов і Д.С. Смик (1985) вказують, що індустріальна технологія вирощування льону передбачає розміщення його по обороту скиби багаторічних трав – після озимих зернових, за яких стеблостій льону-довгунця стійкіший проти вилягання. Багаторічні трави та картопля як попередники не забезпечують вирощування льону за індустріальною технологією, оскільки після таких попередників стеблостій льону-довгунця дуже забур'янений однорічними бур'янами і пириєм повзучим та часто вилягає.

За рекомендаціями М.М. Труша і його співавторів (1986) залежно від зональних особливостей льон-довгунець слід розміщувати після озимих

(пшениця, жито) або ярих (овес, ячмінь, пшениця) зернових культур, що їх вирощують услід за конюшиною, її травосумішками з багаторічними злаками або просапними культурами. На бідних поживними речовинами ґрунтах допускається сіяти льон після багаторічних трав з врожаєм сіна 30–40 ц/га.

В зоні Полісся і Західному регіоні України (М.В. Зубець та ін., 2010) кращими попередниками льону-довгунця є конюшина, озимі та ярі зернові культури після багаторічних трав, зернобобових, сумішок однорічних трав та удобрена картопля.

За Л.Д. Фоменком (1974) в умовах високої родючості ґрунту на урожай і якість льону більше впливає не сам попередник, а система удобрення, але це вже інше питання.

### Література

1. Пат. UA 102802 U Україна, МПК С 10L 1/10 С11С 3/04, Спосіб отримання дизельного палива з лляної олії / Муштрук М.М., Сухенко Ю.Г., Сухенко В.Ю.; заявник і патентотримач Національний університет біоресурсів і природокористування України. – № u 201503565; заявл. 16.04.2015; опубл. 25.11.2015, Бюл. № 22.

2. Статистичний щорічник України за 2012 рік / за ред. О.Г. Осауленка. Київ: Державна служба статистики України, 2013. 552 с.

3. Рожмина Т.А., Понажев В.П., Поздняков Б.А. Современное состояние льняного комплекса и перспективы его инновационного развития. *Машинно-технологическая модернизация льняного агропромышленного комплекса на инновационной основе. Научные труды Всероссийского научно-исследовательского института механизации льноводства (ВНИИМЛ)*. Тверь, 2014. С. 14–21.

4. Шейченко В.О. Льнозбиральна техніка: проблеми та перспективи розвитку. *Вісник аграрної науки*. 2010. № 5. С. 60–65.

5. Поздняков Б.А., Ковалев М.М. Организационно-экономические аспекты технологизации льняного комплекса. Тверь: ГУПТО Тверская областная типография, 2006. 208 с.

6. Шейченко В.О., Хайліс Г.А. Теорія і розрахунок апаратів для підбирання та обертання: монографія. Ніжин. Видавець ПП Лисенко М.М., 2014. 240 с.

7. Нелеп В.М., Головня О.М., Романюк О.В., Дейнека О.А. Технологічні аспекти відродження льонарства в Україні. *Агроінком*. 2008. № 11–12. С. 27–30.

8. Приймачук Т.Ю., Штанько Т.А., Ковальов В.Б. Розвиток галузі льонарства в Україні. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 7. С. 68–75.



## СТРУКТУРА АВТОНОМНОГО АГРАРНОГО ВИРОБНИЦТВА

*Ярош Я.Д., д.т.н.*

*Самчик Р. В.,*

*студент магістратури, спеціалізація: «Інженерія в переробній галузі»  
Поліський національний університет*

Науковці аграрне виробництво розглядають як складну природно-техногенну систему [1, 2, 3]. Традиційно структуру аграрного виробництва складають галузі рослинництва та галузь тваринництва [4]. Таке аграрне виробництво для забезпечення енергетичних потреб потребує постачання дизельного палива, бензину, теплоносіїв та електроенергії (рис. 1).

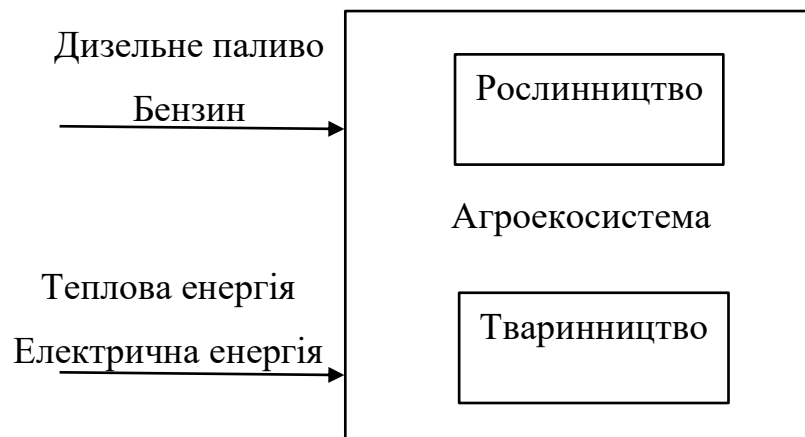


Рис. 1. Структура традиційного аграрного виробництва

Проте, останнім часом поняття щодо можливостей аграрного виробництва стало ширшим. Зокрема, вважається що аграрне виробництво може ефективно виробляти декілька видів біопалива [5, 6], а саме біогаз, генераторний газ, дизельне біопаливо, біоетанол, солону в тюках, паливні гранули та брикети. Можливості такого виробництва можуть досягти того, що воно не потребуватиме постачання дизельного палива, бензину, теплової енергії та електричної енергії і зможе, навіть, забезпечити надлишкове виробництво електроенергії для реалізації (рис. 2). Таке виробництво можна назвати автономним [6].

Основною сировиною для виробництва біопалива є аграрна біомаса. Однак, інтенсивне використання такої біомаси рослинного може призвести до зменшення виробництва продуктів харчування та призвести до шкідливого впливу на ґрунтове середовище.

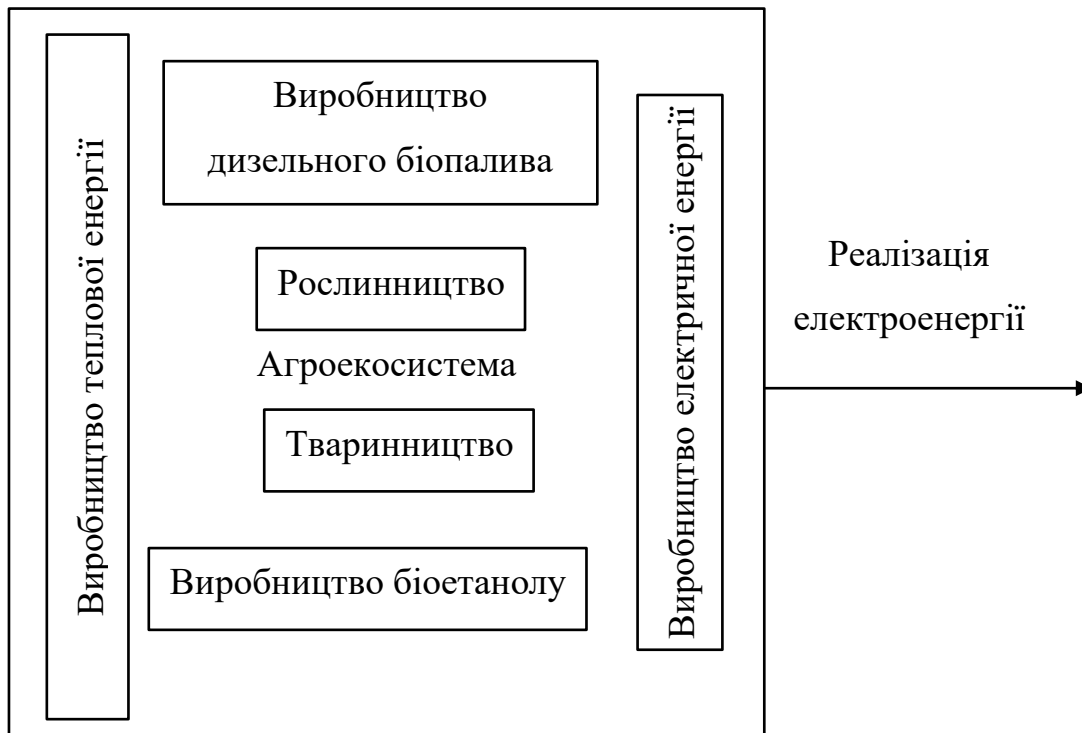


Рис. 2. Структура автономного аграрного виробництва

Щоб цього не трапилося, необхідно в процесі аграрної діяльності враховувати потреби паливі та енергії та враховувати вплив рівня виробництва одного виду палива на інший. Крім того, зважаючи що біомаса є основним джерелом для виробництва біопалива, необхідно також враховувати баланс рослинної біомаси з огляду на баланс гумусу в ґрунтовому середовищі.

### *Список використаних джерел*

1. Кухарець С. М. Обґрунтування механіко-технологічних основ конструювання агроєкосистем / С. М. Кухарець, Б. А. Шелудченко // Зб. наук. пр. Подільського держ. аграр.-техн. ун-ту. Спец. вип. Сучасні проблеми збалансованого природокористування: наук.-практ. конф. – 2013. – С. 164–171.
2. Кухарець С. М. Механіко-технологічний підхід до конструювання агроєкосистеми / С. М. Кухарець // Вісн. Житомир. нац. агроєкол. ун-ту. – 2014. – Т.1 (39), № 1. – С. 187–197.
3. Голуб Г. А. Моделювання гумусного стану ґрунтового середовища агроєкосистеми / Г. А. Голуб, С. М. Кухарець // Наук. вісн.

---

НУБіП України. Серія «Техніка та енергетика АПК». –2014. – Вип. 196, Ч. 2. – С. 20–27.

4. Кухарець С.М. Підвищення енергетичної автономності агроecosystem. Механіко-технологічні основи: монографія / С.М. Кухарець – Житомир: ЖНАЕУ, 2016. – 192 с.

5. Golub G., Kukharets S., Yarosh Y., Zavadzka O. Structural models of agroecosystems and calculation of their energy autonomy. Engineering for rural development. 2019. Vol. 18. P. 1344-1350. DOI: 10.22616/ERDev2019.18.N073.

6. Golub G., Skydan O., Kukharets V., Yarosh Y., Kukharets S. The estimation of energetically self-sufficient agroecosystem's model. Journal of Central European Agriculture. 2020. 21(1). P.168-175. DOI: /10.5513/JCEA01/21.1.2482 (Scopus).

## ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ МОДЕРНІЗОВАНИХ МАШИН

*Грабар І.Г., д.т.н., завідувач кафедри ПМІОА  
Андросович І.С., Казанцев М.С., магістранти ФІЕ  
Поліський національний університет*

Протягом останніх 30 років в Україні, як і в багатьох інших пострадянських республіках, створення нових зразків техніки обмежувалось модернізацією машин [1-2], створених в період 1950-1990 років. Основними напрямками такої модернізації були:

- Збільшення потужності та продуктивності;
- Зменшення маси;
- Зменшення експлуатаційних витрат (ПММ та обслуговування);
- Тюнінг та покращення ергономічних показників тощо.

Варто відзначити, що дані процеси суттєво зменшили навантаження на екосистему і частково можна вважати енергозберігаючими – адже витрати енергії та ресурсів на модернізацію значно нижчі, ніж на продукування нової машини. В Україні така модернізація спостерігається в багатьох галузях:

- Військова техніка;
- Дорожні машини;
- Лісові машини;
- С/г машини;
- Кар'єрна техніка;
- Будівельна техніка тощо.

В кожному випадку кінцеве рішення – за модернізацію чи розробку нових машин, а частіше – за закупівлю нових сучасних машин західного виробництва – має прийматись на основі глибокого і усестороннього економіко-екологічного аналізу доцільності кожного з варіантів. І це – ще один з напрямків відновлення тісної співпраці бізнесу, науки, влади.

Враховуючи, що більшість бізнесів в с/г виробництві, будівельній галузі, лісопереробці – нестійкі, залежать від результатів чергових виборів, кон'юнктури ринку, а в багатьох випадках – і від корупційної складової, – вкладати значні кошти (а кожна нова машина – це \$50-200 тисяч і більше),

а також враховуючи дуже високу вартість кредитів, диктат банків, рейдерство і т.п. – саме в цих галузях модернізація особливо приваблива.

Традиційний шлях такої модернізації, що одночасно вирішують комплекс задач, є: на шасі застарілої моделі монтується новий сучасний силовий модуль (двигун, КПП, елементи трансмісії). Як правило, вартість такої модернізації не перевищує 10-15% вартості нової машини, одночасно вирішуючи 50-80% задач бізнесу. На стадії становлення бізнесу з врахуванням вказаних обмежень робить цей шлях дуже привабливим.

Однак виникає ряд проблем:

- При реєстрації такої техніки після модернізації потрібна технічна експертиза спеціальних органів;
- Можливі відмови (поломки) від неспівпадіння параметрів вузлів машини, що модернізується, з новими вузлами;
- Розширення діапазонів регулювання кінематичних і динамічних параметрів може порушити закладені в вузлах старої машини критерії міцності;
- Як правило, не враховується зміна технічного стану вузлів, що були тривалий час в експлуатації і виробили частину ресурсу тощо.

Покажемо це на прикладах:

1. При заміні силової установки і зміні потужності та кутової швидкості

$N_0 \Rightarrow N_1$  та  $\omega_0 \Rightarrow \omega_1$  для кожної ділянки трансмісії необхідно визначити безрозмірний коефіцієнт зміни навантаженості:

$$\varphi_i = \left( \frac{\tau_1}{\tau_2} \right) = \frac{N_1}{N_0} * \left( \frac{\omega_0}{\omega_1} \right)_i$$

При  $\varphi_i \geq 1,05$  необхідно провести більш детальний аналіз та запропонувати додаткові заходи забезпечення надійності модернізованої машини.

2. Якщо при модернізації  $N_0 = N_1$ , але розширюється діапазон регулювання кутової швидкості:

$$\omega_1 = \left[ \frac{\omega_{0\min}}{K} \dots K * \omega_{0\max} \right]$$

Змінюється і діапазон зміни крутного моменту

$$M_1 = \left[ \frac{M_{0\min}}{K} \dots K * M_{0\max} \right],$$

Тобто навіть при цьому випадку виникає загроза руйнування трансмісії при найнижчих обертах.

3. У випадку наявності циклічного навантаження чи високих температур обов'язково необхідно виконати розрахунок залишкового ресурсу. Одним з найпростіших способів – скористатись універсальною узагальненою діаграмою проф. Грабара [3,4].

При кафедрі процесів, машин і обладнання в агроінженерії створено дослідно-конструкторське бюро модернізації техніки, що надає послуги підприємствам і організаціям по створенню проектів модернізації та виконує роботи, в тому числі – переобладнанні на електропривод, встановленню тягових батарей та електроприводу, розрахунку міцності і надійності, а також проведення випробувань.

Література:

1. <https://ua.bizorg.su/dnepropetrovsk-rg/modernizatsiya-stroitelnykh-mashin-i-oborudovaniya-r>
  2. <https://www.dacpol.eu/ru/remonty-i-modernizacjie-maszyn-16386>
  3. Грабар І.Г. Термоактиваційний аналіз та синергетика руйнування. – Житомир.- ЖІТІ. – 2002. – 312 с.
  4. Chaotic Modeling and Simulation (CMSIM) 3: 327-341, 2018
- Received: 3 May 2017 / Accepted: 21 March 2018 © 2018 CMSIM .  
NANOCHAOS in raising a machine reliability and the creation of "eternal"  
STRUCTURES Ivan G. Grabar

## ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЙ ПРИБОРІВ ФІЛЬТРУВАННЯ ГІДРАВЛІЧНОЇ СИСТЕМИ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ ТРАКТОРА

**Ємець Б.В.**, к.т.н., ст. викладач

**Мандра В.В.**, магістрант

*Поліський національний університет*

*Переорієнтація економічної політики України на введення ринкових відносин в усіх галузях народного господарства зумовили зміни і в структурі існуючої ремонтно-обслуговуючої бази, в її організації, управлінні, технології виробництва, ремонті і обслуговуванні сільськогосподарської техніки. Для суттєвого підвищення рівня її технічного обслуговування (ТО) та ремонту виявилися необхідними, щонайменше дві умови: по-перше, технічне обслуговування і ремонт повинні розглядатись не як щось другорядне, а як невід'ємна частина механізації сільськогосподарського виробництва, по-друге, взаємовідносини між виробником та споживачем сільськогосподарської техніки повинні будуватись на основі пріоритетності споживача [1]. Завдяки таким вченим, як В. В. Єфремов, В. І. Казарцев, Б. І. Костецький, І. В. Крагельський, І. С. Левитський, І. Є. Ульман та ін., багато питань з технології, а також організації ремонту та технічного обслуговування машин, одержали теоретичні обґрунтування та впровад-жено у виробництво [1].*

Метою даного дослідження є оптимізація параметрів та обґрунтування конструкцій пристроїв фільтрування гідравлічної системи коробки передач трактора загального призначення.

В табл. 1 розміщено дані з трудомісткості робіт з технічного обслуговування пристроїв фільтрування гідравлічної системи коробки передач трактора загального призначення, які попередньо отримані методом хронометражу (трактори модельного ряду ХТЗ, в тому числі Т-150/150К). Такі трактори все ще використовуються в аграрному виробництві.

Аналіз табл. 1 показує, що сумарна трудомісткість робіт з обслуговування пристроїв фільтрування гідравлічної системи коробки передач тракторів ХТЗ складає значні 0,72...0,81 людино-год. А на тракторах типу Т-150К є ще гідравлічні системи начіпного механізму, рульового керування, валу відбору потужності, які теж потребують обслуговування.

Окремо слід відмітити вкрай невіддалене розміщення всіх трьох фільтрів на тракторі Т-150К. Нагнітальний фільтр знаходиться безпосередньо в корпусі коробки передач, забірний фільтр в корпусі роздаткової коробки, а заливний фільтр перед двигуном трактора. Крім того, всі три фільтри не мають, як більшість сучасних конструкцій, одноразового призначення, а багаторазово використовуються під час роботи трактора Т-150К. Тобто, їх необхідно періодично технічно обслуговувати (табл. 1). А саме розби-рати, мити, складати, часто замінювати прокладки, тощо, що для сучасних високотехнологічних тракторів взагалі мало прийнятно.

Таблиця 1

Дані трудомісткості робіт з обслуговування пристроїв фільтрування гідравлічної системи коробки передач трактора

№ п/п	Вид елементу очищення	Трудомісткість робіт, людино·год.
1	Нагнітальний фільтр, номер в каталозі [2] 150.57.015-2	0,31...0,44
2	Забірний фільтр, номер в каталозі [2] 150.37.048-4	0,25...0,29
3	Заливний фільтр, номер в каталозі [2] 150.55.062	0,16...0,18
	Всього	0,72...0,81

Джерело: дослідження Б.В. Ємця та В.В. Мандри

В автотракторних двигунах широко використовуються в якості фільтру тонкої очистки центробіжна очистка оливи центрифугами. Крім того в останні роки центрифугами стали очищати (наприклад, в трактора Беларус-1221.2) оливу в коробці передач [3].

Очевидно, що такий спосіб очищення оливи може бути корисним для тракторів старих конструкцій, саме тих, що ще експлуатуються на полях нашої країни. Він має наступні переваги: значно спрощується процес очищення оливи та конструкція гідравлічної системи коробки передач; зменшується кількість операцій та трудомісткість (до 15...25%) технічного обслуговування для подібних систем.

Критеріями вибору нового центробіжного очисника можуть бути: циркуляційна витрата рідини; число обертів ротора центрифуги; густина рідини; відстань від осі сопла до осі обертання ротора; момент опору на початку обертання ротора; швидкість наростання моменту опору; площа отвору сопла, тип центрифуги.



Більшу кількість критеріїв функціонально зв'язує залежність, яка записана формулою (1):

$$n = \frac{\frac{\rho_M \cdot V_{p.ц}^2 \cdot R}{2 \cdot \varepsilon \cdot F_c} - a}{b + \frac{\pi \cdot \rho_M \cdot V_{p.ц} \cdot R^2}{30}}, \quad (1)$$

де  $n$  - число обертів ротора центрифуги за хвилину;  $\rho_M$  – густина рідини;  $\varepsilon$  – коефіцієнт стискання цівки рідини;  $V_{p.ц}$  – продуктивність;  $R$  – відстань від осі сопла до осі обертання ротора;  $a$  – момент опору на початку обертання ротора;  $b$  – швидкість наростання моменту опору;  $F_c$  – площа отвору сопла.

На основі розрахунків прийнято, для удосконаленої конструкції гідравлічної системи коробки передач трактора Т-150К, центрифугу з наступними основними робочими параметрами: робоча ємкість ротора  $750^{+100}$  см<sup>3</sup>; частота обертання ротора 6000 об/хв.; витрата оливи через сопла (при  $p=0,3$  МПа і  $\mu=20$  сСт) 9 л/хв.

Центрифуга кріпиться до картера коробки передач трактора та приєднується до гідросистеми коробки з допомогою шлангів та арматури (рис. 1).

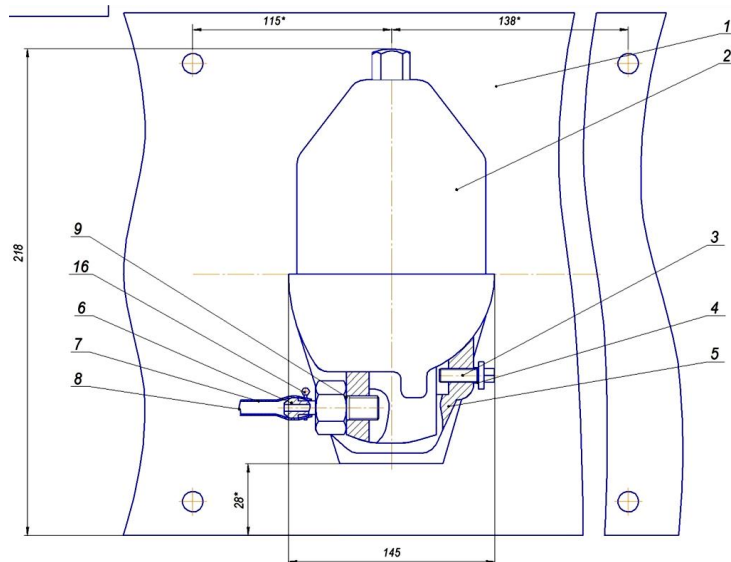


Рис. 1. Розміщення фільтра на корпусі коробки передач: 1 – корпус; 2 – фільтр; 3 – пробка; 4 – прокладка; 5 – кришка; 6 – штуцер; 7 – арматура; 8 – шланг; 9 – прокладка.

Джерело: дослідження Б.В. Ємця та В.В. Мандри

#### Висновки

*Для суттєвого підвищення рівня технічного обслуговування мобільної аграрної техніки необхідно його розглядати як невід'ємну частину механізації сільськогосподарського виробництва.*

Розроблено заходи щодо удосконалення конструкції гідравлічної системи коробки передач трактора Т-150К або подібних до нього моделей тракторів шляхом введення центробіжної очистки оливи. Вони не потребують додаткових енергетичних затрат від електрообладнання чи двигуна трактора. Ці заходи мають наступні переваги: значно спрощується процес очищення оливи та конструкція гідравлічної системи коробки передач; зменшується кількість операцій та трудомісткість (до 15...25%) технічного обслуговування для подібних систем.

### Література

1. Сідашенко О.І., Науменко О.А., Поліський А.Я. та ін. Ремонт машин. За редакцією О.І. Сідашенка, А.Я. Поліського. К. : Урожай, 1994. 400 с.
2. Тракторы Т-150К, Т-157, Т-158: Техн. описание и инструкция по эксплуатации 151.00.000 ТО, 157.00.000 ТО, 158.00.000 ТО. Под ред. С.Л. Абдулы, И.А. Коваля. Харьков : Прапор, 1986. 344 с.
3. Гутько М.В. Беларусь 1221.2/1221В.2/1221.3. Руководство по эксплуатации. Минск: РУП «Минский тракторный завод», 2009. 295 с.
4. Сандомирський М.Г., Бойко М.Ф., Лебедев А.Т. та ін. Трактори та автомобілі: Навч. посібник. За ред. проф. А.Т. Лебедева. К.: Вища школа, 2000. 357 с.

## ДО ОБҐРУНТУВАННЯ ОРІЄНТАЦІЇ ЛОПАТІ НИЗЬКОБОРОТНОЇ МІШАЛКИ МЕТАНТЕНКА

**Краснолуцький П.П.**

*канд. техн. наук, доцент*

*Подільський державний аграрно-технічний університет*

**Романишин О.Ю.**

*канд. техн. наук, доцент*

*Поліський національний університет*

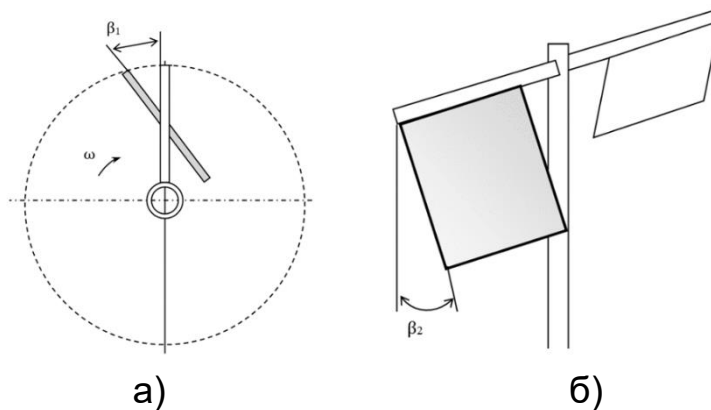
Від якості перемішування субстрату залежать енергетичні витрати, вихід біогазу і загалом роботоздатність біогазової установки. Специфіка цього процесу обумовлена тим, що фракційний склад субстрату, його вологість, в'язкість та липучість коливаються у широких межах, а для запобігання руйнуванню бактеріальних плівок лінійна швидкість переміщення маси не повинна перевищувати 0,5...0,6 м/с [1].

На наш погляд, для перемішування субстрату доцільно застосовувати комбіновані системи, наприклад, гідромеханічну [2]. У такій системі мішалка обертається завдяки реакції струменю, що витікає з трубчастих лопатей за принципом колеса Сегнера, а безпосередньо перемішування маси здійснюється додатковими пластинчастими лопатями.

Дослідження різноманітних мішалок висвітлені у великій кількості праць вітчизняних і зарубіжних вчених. На підставі отриманих результатів розроблені стандарти та методичні документи для визначення параметрів мішалок найбільш поширених типів, зокрема, пропелерних, лопатевих, якірних, гідромоніторних. Проте для розрахунку мішалки метантенка жодну із цих методик не можна застосувати без коригування. Зокрема, типова методика розрахунку лопатевих мішалок базується на вихідній гіпотезі, що при обертанні лопаті діє такий же спектр сил, як і на крило літака при його обтіканні повітрям. Але у випадку перемішування субстрату, коли лопать повинна обертатись із малою частотою, розкладання сил на вертикальну складову і силу лобового опору не є адекватним реальному процесу. Тому виникає потреба, застосовуючи комбінацію відомих методичних і теоретичних підходів, уточнити розрахунок запропонованої мішалки. Насамперед це стосується кутів встановлення лопаті (рис. 1), від чого залежить її взаємодія із субстратом. Вихідними даними для розрахунку мішалки є її радіус  $R_M$  (приймається за розмірами бака) та гранично

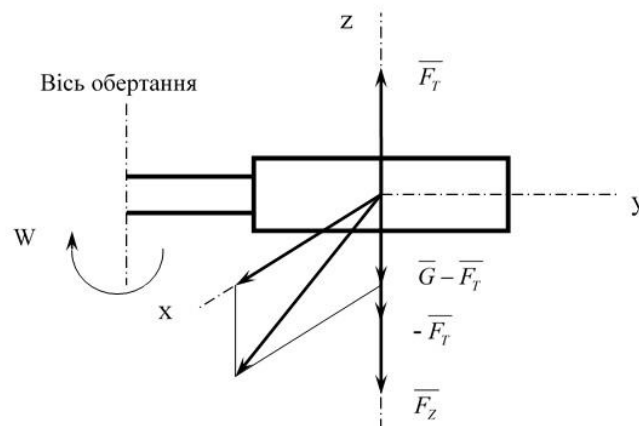
допустима лінійна швидкість кінцевої точки  $V_{max} = 0,5$  м/с. Тоді колова швидкість обертання мішалки:

$$\omega = \frac{V_{max}}{R_M} \quad (1)$$



**Рис. 1. Схема встановлення лопаті**  
а) у плані; б) у вертикальній площині

Для якісного перемішування потрібно, щоби частинка субстрату не проковзувала вниз під дією сили тяжіння (рис. 2).



**Рис. 2. Схема до визначення величини  $\bar{F}$ .**

Тобто має витримуватись умова:

$$F_T = G = m \cdot g \quad (2)$$

де  $F_T$  - сила тертя частинки на лопатці у вертикальній площині, Н;

$G$  – вага частинки, Н;  $m$  - маса частинки, кг.

Сила тертя пов'язана із нормальною реакцією на силу  $F_1$  і дорівнює

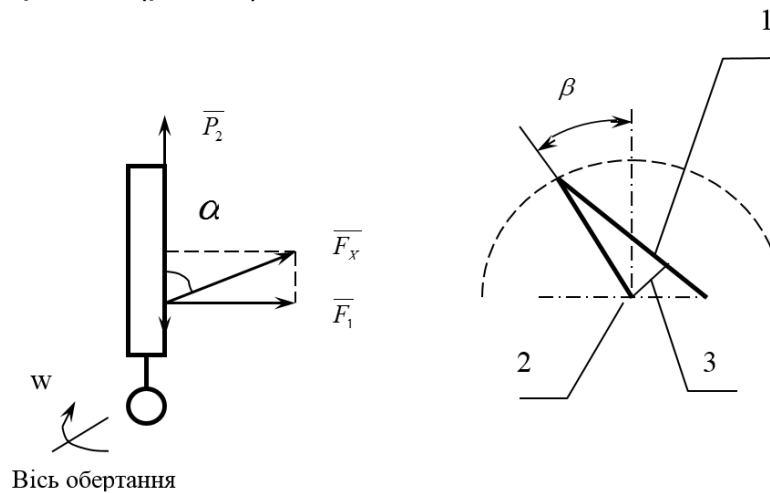
$$F_T = F_1 \cdot f_T, \quad (3)$$

де  $f_T$  - коефіцієнт тертя частинки субстрату по лопатці.

Тоді необхідна величина  $F_1$ :

$$F_1 = \frac{G}{f_T} = \frac{mg}{f_T}, \quad (4)$$

У горизонтальній площині на частинку діють сила  $F_1$ , відцентрова сила  $F_2$ , сила тертя  $F_T$  (рис. 3).



**Рис. 3. Схема до обґрунтування кута відхилення лопатки у плані :**  
1 – лопатка; 2 – вал; 3 – опора.

Відцентрова сила  $F_2$ :

$$F_2 = m \cdot \omega^2 \cdot R, \quad (5)$$

Після елементарних перетворень, результуюча сила  $F_x$

$$F_x = \sqrt{(F_2 - F_T)^2 + F_1^2} = m * \sqrt{(\omega^2 \cdot R_i - g)^2 + \frac{g^2}{f_T^2}} \quad (6)$$

Звідси кут  $\alpha$  між напрямком дії сили  $F_x$  та площиною лопатки:

$$\cos \alpha = \frac{F_2}{F_x} = \frac{\omega^2 \cdot R_i}{\sqrt{(\omega^2 \cdot R_i - g)^2 + (\frac{g}{f_T})^2}} \quad (7)$$

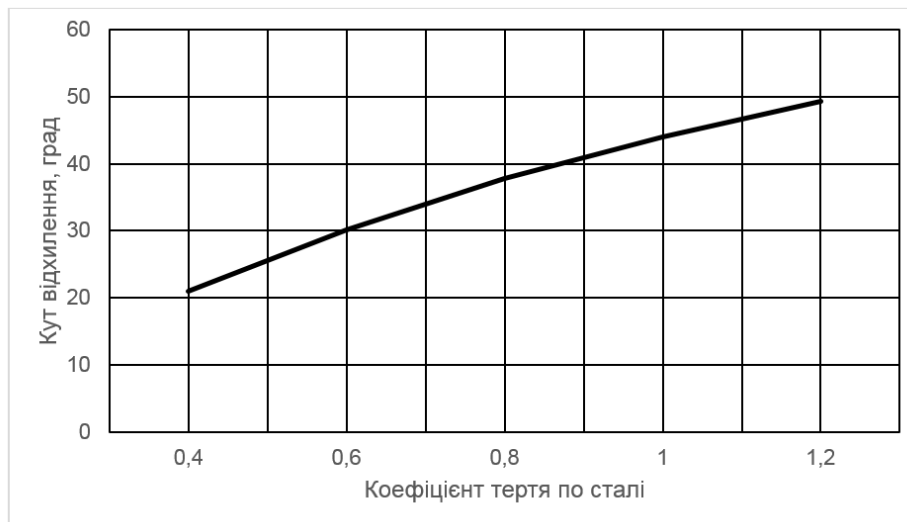
Для ковзання частинки по лопаті у горизонтальній площині потрібно забезпечити умову:

$$90 - \alpha + \beta_1 \geq \arctg f_T, \quad (8)$$

де  $\beta_1$  - кут відхилення площини лопаті від напрямку її руху. Звідси

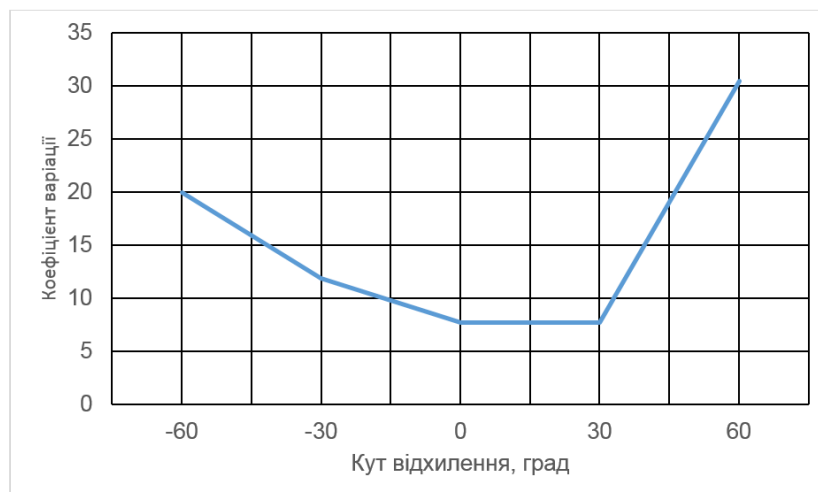
$$\beta_1 \geq \arctg f_T - (90 - \alpha). \quad (9)$$

За наведеною методикою можна прогнозувати потрібний кут встановлення лопаті залежно від розмірів мішалки, її частоти обертання, а також кута тертя субстрату по матеріалу лопаті (рис. 4).



**Рис. 4. Кут відхилення площини лопатки від напрямку її руху (при радіусі мішалки  $R_m = 1,5$  м і кутовій швидкості  $\omega = 0,33$  с<sup>-1</sup>).**

Нами була виготовлена модель мішалки у масштабі 1:10 і проведені досліди у режимах, визначених з урахуванням теорії подібності за критерієм Фруда [3]. Для оцінки якості перемішування прийнято коефіцієнт варіації (рис. 5), а за ключовий компонент - концентрація сухої речовини. У ході дослідів визначалась вологість 6 проб, взятих у трьох точках ємності на верхньому та на нижньому рівні.



**Рис. 5. Коефіцієнт варіації  $V_c$  при різних кутах встановлення лопаті  $\beta_1$  (густина рідини  $1060$  кг/м<sup>3</sup>, кінематична в'язкість  $1,5...2,5 \times 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с.)**

Результати аналізу отриманих даних показали, що у всіх варіантах встановлення лопаті концентрація сухої речовини більше у пробах з верхнього шару суміші. Тобто мішалка точно буде запобігати сегрегації (розшаруванню) суміші. Однак коефіцієнт варіації демонструє, що

найкраща якість змішування (не більше 10) буде у тому випадку, коли кут відхилення лопаті знаходиться у діапазоні  $\beta_1 = -15^\circ \dots +30^\circ$ . При куті понад  $45^\circ$  якість стає незадовільною, оскільки  $V_c > 20$ .

### Список використаних джерел інформації

1. Біогаз / Голуб Г.А. та ін. Київ, 2015. 48 с.
2. Краснолуцький П. Основні завдання при проектуванні гідромеханічної системи перемішування субстрату у метантенку. *Аграрна наука та освіта в умовах євроінтеграції: збірник наукових праць міжнар. наук.-практ. конф. Ч.2. (20-21 березня 2019 р., м. Кам'янець-Подільський)*. Тернопіль : Крок, 2019. 317 с. с.75-78.
3. Важинський С.Е., Щербак Т.І. Методика та організація наукових досліджень : Навч. посіб. Суми, 2016. 260 с.

**ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ВІДЦЕНТРОВОГО НАСОСА**

**Яненко Є. О.**, студент

*Поліський Поліський національний університет (м. Житомир).*

**Савченко В. М.**, кандидат технічних наук,

*доцент, завідувач кафедри машиновикористання*

*та сервісу технологічних систем,*

*Поліський національний університет (м. Житомир).*

В роботі [2] досліджено проблеми забезпечення надійності технологічного обладнання при вирощуванні продукції захищеного ґрунту в АПК України. Автоматизація екологічнобезпечної технології поливу рослин прилив-відлив в середовищі захищеного ґрунту розглянута в роботі [1]. При цьому проблеми забезпечення надійності технологічного обладнання, в тому числі і насосного обладнання, при вирощуванні продукції захищеного ґрунту в АПК України розглянуті в роботах [2,3,6,7].

Основним показником надійності системи є коефіцієнт готовності, що відноситься до комплексних показників, він визначається як ймовірність того, що об'єкт виявиться працездатним у довільний момент часу, крім запланованих, протягом яких використання об'єкту за призначенням непередбачено:

$$A(t) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}, \quad (1)$$

де  $MTBF$  – середній наробіток на відмову об'єкта;

$MTTR$  – середня тривалість відновлення об'єкта.

Для визначення середнього наробітку на відмову об'єкта, що являє собою відношення сумарного наробітку відновлювального об'єкту до математичного сподівання числа його відмов протягом цього наробітку, можна скористатись формулою:

$$MTBF = \frac{\sum_{i=1}^m n_i \cdot t_{сер}}{\sum_{i=1}^m n_i}, \quad (2)$$



де  $m$  – кількість інтервалів спостереження;

$n_i$  – кількість відмов, що виникли протягом  $i$ -го інтервалу;

Враховуючи, що відцентрові насоси являють собою відновлювані системи, робимо припущення, що кожен інтервал часу спостережень являє собою окрему складову, яка є незалежною від кожної наступної і попередньої. При цьому середнє напрацювання до першої відмови в кожному елементарному інтервалі часу можна визначити за формулою:

$$M(t) = T_{cp}^i = \int_{-\infty}^{+\infty} a(t) dt, \quad (3)$$

та оскільки  $t \geq 0$  і  $P(0) = 1$ , а  $P(\infty) = 0$ , то:

$$T_{cp}^i = \int_0^t P(t) dt, \quad (4)$$

де  $P(t)$  – ймовірність безвідмовної роботи об'єкта на протязі часу.

В свою чергу, середня тривалість відновлення значною мірою залежить від виду несправності об'єкта, а також від методів та способів ремонту, що застосовуються на виробництві, але в загальному її можна визначити як функцію від часу.

Таким чином:

$$MTBF = \frac{\sum_{i=1}^m \left( n_i \cdot \frac{T_{cp}^i}{m} \right)}{\sum_{i=1}^m n_i} = \frac{\sum_{i=1}^m \left( n_i \cdot \frac{\int_0^t P(t) dt}{m} \right)}{\sum_{i=1}^m n_i}. \quad (4)$$

Якщо врахувати, що при відновленні роботоздатного стану об'єкту, він знаходиться в нероботоздатному стані, таким чином кількість відмов можна виразити знаючи інтенсивність відмов:

$$\sum_{i=1}^m n_i = \lambda(t) \cdot \sum_1^m t_i, \quad (5)$$

Таким чином, основний показник надійності відцентрового насоса, коефіцієнт готовності можна визначити як:

$$A(t) = \frac{\sum_{i=1}^m \left( n_i \cdot \frac{T_{cp}^i = \int_0^t P(t) dt}{m} \right)}{\sum_{i=1}^m n_i + \lambda(t) \cdot \sum_1^m t_i} \quad (6)$$

Після простих математичних перетворень отримаємо:

$$A(t) = \frac{\sum_{i=1}^m \left( n_i \cdot \frac{\int_0^t P(t) dt}{m} \right)}{\sum_{i=1}^m \left( n_i \cdot \frac{\int_0^t P(t) dt}{m} \right) + \sum_{i=1}^m n_i \cdot \left( \lambda(t) \cdot \sum_1^m t_i \right)}. \quad (7)$$

Підставивши відповідні значення отримаємо зв'язок між показниками надійності насоса та параметрами його роботи:

$$T_{cp}^i = \int_0^t P(t) dt = \int_0^t H(t) dt. \quad (8)$$

Таким чином, основним параметром який призводить до виходу з ладу відцентровим насосів є параметр питомої енергії, що витрачається

насосом, а отже він і є функцією яка впливає на ймовірність безвідмовної роботи насосу.

Перспективою подальших досліджень є вивчення функціональних відмов насосного обладнання систем зрошування в індустриальних теплицях і як наслідок їх специфіки, будуть сформувані наукові задачі, вирішення яких сприятиме підвищенню надійності як насосного обладнання, так і системи зрошування в цілому.

### Список бібліографічних посилань

1. Міненко С. В. Автоматизація екологобезпечної технології поливу рослин прилив-відлив в середовищі захищеного ґрунту / С. В. Міненко, В. М. Савченко // Органічне виробництво і продовольча безпека : [зб. доп. учасн. VI Міжнар. наук.-практ. конф.]. – Житомир : О. О. Євенок, 2018. – С. 263–2
2. Бойко А. І. Проблеми забезпечення надійності технологічного обладнання при вирощуванні продукції захищеного ґрунту в АПК України / А. І. Бойко, В. М. Савченко, В. В. Крот // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. – 2016. – № 6. – С. 200–203.
3. Міненко С.В. Вплив надійності насосного обладнання на технологічні процеси в умовах захищеного ґрунту/ С.В. Міненко, В. М. Савченко, О.А. Махов // Крамаровські читання : зб. тез доп. VI міжнар. наук.-техн. конф., 21-22 лют. 2019. – К. : НУБіП, 2019. – С. 248–249.
4. Міненко С.В. Аналіз технічного стану складових систем зрошування рослин в умовах захищеного ґрунту / С. В. Міненко, В. М. Савченко, О. А. Махов/ Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – 2019. – Вип. 198. – С. 429–436
5. Гіль Л.С., Пашковський А.І., Суліма Л.Т. "Сучасні технології овочівництва відкритого і закритого ґрунту" Ч 1 Закритий ґрунт. Навчальний посібник. - Вінниця: Нова книга, 2008 - 368 с.
6. Краснов В.И. Жильцов А.М., Набержнев В.В. Ремонт центробежных и поршневых насосов нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий: Справ. изд. М.: Химия, 1996. 320 с. ил.
7. Новохатній, В.Г. Удосконалений метод розрахунку надійності насосних станцій систем водопостачання / В.Г. Новохатній // Науковий вісник будівництва: зб.наук. праць. – Вип. 60. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2010. – С. 252 – 256

## НАПРЯМИ РОЗРОБКИ І УДОСКОНАЛЕННЯ СУЧАСНОЇ ЗБИРАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ЩОДО ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ БУРЯКОЦУКРОВОЇ СИРОВИНИ

**Волоха М.П.,**

*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник  
Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України*

Продуктивність виробництва буряків цукрових визначається рівнем застосовуваних механізованих технологій на всіх етапах від основного обробітку ґрунту до отримання бурякової сировини на заводі восени наступного року. Проте, технологічна якість викопаних коренеплодів певною мірою визначається досконалістю робочих органів бурякозбиральних машин, насамперед гичкорізів і копачів.

Значною проблемою технологічного процесу збирання буряків цукрових, особливо при роботі машин на твердих (понад 4,0-4,5 МПа) ґрунтах і забур'ячених полях, є забрудненість вороху коренеплодів землею (до 47 %) та залишками гички і бур'янів, коли кількість невикопаних коренеплодів різко зростає до 13–15 % і до 40 % коренеплодів викопуються пошкодженими.

За даними НДІ цукрової промисловості під час переробки цукросировини кожний відсоток зеленої маси на коренеплодах призводить до зниження доброякісності дифузійного соку на 0,4–0,5 % і збільшення вмісту цукру в мелясі на 0,1 %. Загалом, при тривалому заводському зберіганні (більше 60 діб) сильно пошкоджених і забруднених землею та рослинними залишками коренеплодів значно погіршуються кондиції сировини внаслідок ураження кагатною гниллю, а втрати цукру зростають у 5–7 разів.

**Гичкозрізувальні машини:** скільки і як можна зрізати з коренеплоду? Перед викопуванням буряка необхідно відокремити гичку від головки коренеплода за якомога точнішого зрізу і відсутності зеленого листа на ньому. Після того, як конус наростання буде зрізано, коренеплід буряка не може продовжувати “рости” в бурті, і втрати при випаровуванні залишаються невисокими. Чим менший зріз головки коренеплода, тим менші втрати маси, але вищий вміст у ньому речовин, що перешкоджають вилученню цукру. Це важливо, оскільки сприяє збільшенню тривалості сезону збирання, який наразі становить 100 і більше днів та, відповідно, терміну зберігання на бурякоприймальних пунктах переробних заводів.

Занадто низька обрізка головки коренеплода призводить до значних втрат врожаю. Залежно від сорту, за умови правильного регулювання гичкорізів, частка головок в загальній масі коренеплодів становить 8-15%.

В даний час в Україні, а ще більше в інших країнах Східної Європи, поряд з високотехнологічними самохідними застосовуються простіші причіпні бурякозбиральні комбайни, точні гичкозбиральні агрегати і вали з ножами, шасі на колісному і гусеничному ході, тобто не зважаючи на реформи на ринку цукру, в розвитку бурякозбиральної техніки застою не спостерігається.

Східноєвропейські сільськогосподарські підприємства обробляють великі площі насамперед за допомогою сучасних причіпних машин з простою системою агрегування. Ці шестирядні бурякозбиральні комбайни мають американське, а останнім часом і німецьке походження. Проте, це зовсім не означає, що бурякозбиральні комбайни стануть ще більшими і габаритнішими - вони і так вже давно досягли допустимих правилами дорожнього руху меж і, окрім цього, дедалі актуальнішими стають вимоги до вага машини в аспекті захисту ґрунту. Отож, мають відроджуватись легкі самохідні комбайни і причіпні та навісні машини.

У більшості західноєвропейських виробників зрізана агрегатом гичка подрібнюється валом з ножами і укладається в міжряддя, що вперше було розроблено компанією *Stoll*. Проте, для експорту всі виробники бункерних бурякозбиральних комбайнів продовжують пропонувати обладнання з боковим викидом бадилля, що особливо актуально для сильно засмічених полів Східної Європи, адже гичкозбиральні агрегати з укладанням бадилля в міжряддя штовхали б рослинний матеріал перед викопувальними робочими органами.

Наразі всі виробники розміщують перед підкопувальним лемішем комбайна полозковий датчик з дообрізчиком. Висока щільність рослин посилює вимоги до часу реагування гичкоріза у зв'язку зі скороченням відстані між коренеплодами в рядку до 15-18 см. В цілому ж регулювання ножів по висоті, як і раніше, можна досить швидко провести за допомогою досконалого паралелограмного механізму. Однак, як показують результати досліджень, на швидкості до 6 км/год 79 – 93 % коренеплодів обрізаються цілком задовільно ("правильна" і "висока" обрізка), але при перевищенні цієї швидкості якість обрізки гички помітно погіршується.

У майбутньому за листовим гичкоподрібнювачем, буде розташовуватися не обрізувач головок, а вальці з поліуретановими бичами, які інтенсивно очищають головки коренеплодів, що нами досліджено ще у 90-х роках. Для досягнення кращого результату бичі можуть бути різної форми і жорсткості.

Достатньо точна дообрізка головок залишається особливістю збирання буряків в Центральній Європі.

У США викопування і обрізка головок здійснюється в більшості випадків в два окремих етапи за допомогою навісних знарядь. Американські виробники *WIC-Amity* ([www.Amitytech.com](http://www.Amitytech.com)) і *Artsway* ([www.Artsway-mfg.com](http://www.Artsway-mfg.com)) вже працюють над комбінацією з вальца зі сталевими бичами і двох наступних очищувальних вальців, що видаляють листя і частину головки. Індивідуальне регулювання висоти зрізу гичкоріза відсутнє. Цей пристрій налаштовується по всій ширині захвату на висоту від 2 до 5 см. Недоліком при цьому є вибивання з ґрунту окремих великих коренеплодів, які отримують серйозні ушкодження на значній площі поверхні, а тому заводські втрати при випаровуванні збільшуються. Тому в США буряк консервується в величезних ангарах або складається в північних регіонах під відкритим небом на морозі.

За бажанням замовника агрегати можуть комплектуватися також пристроями досить простої конструкції для дообрізки головок. Незважаючи на приведені недоліки, ці машини охоче використовуються і в Східній Європі. Крім продуктивності і безпеки варто відзначити відносну простоту обладнання. Машини не завжди оснащені дорогою електронікою і мають достатнє гідравлічне обладнання. Саме з цієї причини німецька компанія *Grimme* ([www.grimme.de](http://www.grimme.de)) також представляє на східноєвропейському ринку подрібнювач бадилля *BM 330*, що працює за тим же принципом, що і американські машини *WIC-Amity* або *Artsway*.

**Чим кращий копач, тим чистіший буряк.** Коренеплід має витягуватись з ґрунту якомога чистішим, тобто в ідеальному випадку кожний буряк потрібно захватувати і витягувати із землі окремо. Однак в кінці 90-х років прототипи таких машин не витримали конкуренції як малоефективні. Не прижився також метод витягування коренеплодів з ґрунту за гичку (машини брального типу), бо виконується за порівняно невеликої швидкості руху і значно залежить від стану гички на момент збирання коренеплодів, хоча саме з таких комбайнів (*KCT-2A*, *KCT-3*, *KCT-3A*) у 20–30 роки минулого століття починалась ера будівництва бурякозбиральної техніки.

У Центральній Європі традиційно застосовуються самохідні шестирядні бурякозбиральні комбайни з бункером. Деякі компанії виробляють і більші бурякозбиральні агрегати на дев'ять (*Ropa*, [www.ropa-maschinenbau.com](http://www.ropa-maschinenbau.com); *Vervaet*, [www.vervaet.nl](http://www.vervaet.nl)) або дванадцять рядків (*Agrifac*, [www.agrifac.nl](http://www.agrifac.nl)). Ємність бункера при цьому не збільшується. Перевага таких машин полягає в збільшенні потужності процесу викопування при одночасному зниженні витрат в розрахунку на гектар і, особливо, на тону

урожаю, та робочої швидкості, що разом з точнішим керуванням викопувальних робочих органів вздовж рядків забезпечує підвищення якості цукросировини.

Найпоширеніші у Східній Європі жорсткі дискові і лемішні копачі. Важливо, щоб копач не тиснув через землю на коренеплід подібно ковшу. В цілому цей ефект проявляється значно сильніше при роботі з жорстко фіксованими на рамі копачами, ніж при використанні активних копачів з системою приводу або вібраційною системою. Крім цього, активні системи вимагають значно менше тягового зусилля, ніж пасивні копачі, адже при роботі в умовах достатньої вологості дисковий копач без приводу "вирізає" з ґрунту конус, а вміст землі у воросі коренеплодів помітно збільшується. Незважаючи на це, багато машин фірми *WIC-Amity*, а також нові моделі "*Rootster*", які фірма *Grimme* розробила спеціально для ринку Східної Європи, укомплектовані саме ними.

У Західній Європі компанії *Holmer* ([www.holmer-maschinenbau.de](http://www.holmer-maschinenbau.de)) (за бажанням замовника) і *Grimme* (в самохідному комбайні *Maxtron*) використовують виключно дискові копачі з гідравлічним приводом, здатні зміщуватись з боку в бік. Завдяки руху дисків з незначним випередженням, коренеплоди активно беруться з ґрунту. Причіпний "*Rootster*" від *Grimme* опційно комплектується дисковими копачами з гідравлічним приводом.

Найпоширенішим у Західній Європі як і раніше залишається лемішковий жорсткий копач. Для забезпечення мінімальної забрудненості вороху коренеплодів землею на твердих і щільних ґрунтах застосовуються вібраційні приводи, коли спарені лемішки копача рухаються паралельно або назустріч один одному.

Компанія *Franz Kleine*, яка більшу частину своїх бурякокопачів продає сьогодні в Східній Європі, розробила двофазний копач. Подібно долоту леміш копача розрізає ґрунт по обидві сторони коренеплода і злегка піднімає його. Після цього лопатевий вал підхоплює коренеплоди і подає їх на наступні вальці. Це послаблює ефект притискання коренеплода лемішем. Крім цього копач захоплює також і ті коренеплоди, які злегка зміщені відносно осьової лінії рядка. Недоліком такого копача є підвищення тягового зусилля для переміщення значно більшого обсягу ґрунту.

Таким чином, принципові відмінності обох схем викопування коренеплодів полягають в тому, що лемішкові копачі застосовуються для роботи на нормальних ґрунтах, дискові копачі призначені для твердих і щільних ґрунтів та забур'янених полів. Точність управління копачами вздовж рядка сприяє меншому забору землі та рослинних залишків, особливо при роботі у складних умовах збирання.

## ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВПЛИВУ РІЗНИХ ДЖЕРЕЛ АСИМІЛЯЦІЙНОГО ОСВІТЛЕННЯ НА ВЕГЕТАЦІЮ РОСЛИН В ЗАХИЩЕНОГО ҐРУНТУ

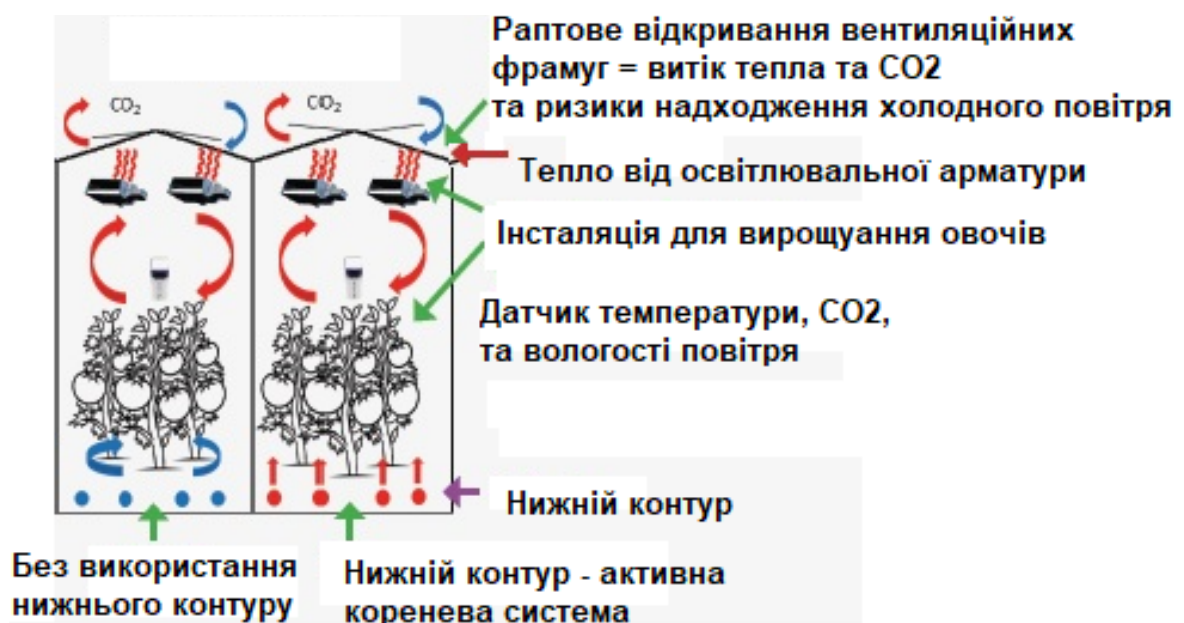
*Морговський С. М., студент Поліського національного університету (м. Житомир).*

*Савченко Л. Г., кандидат історичних наук, доцент кафедри електрифікації, автоматизації виробництва та інженерної екології Поліського національного університету (м. Житомир).*

Для нормального росту і розвитку рослин необхідне світло визначеного спектрального складу та достатньої інтенсивності. Від цих показників залежить живлення рослин, їх ріст, розвиток та урожайність.

Найбільш близьке для рослин світло натрієвих ламп високого тиску. Спеціальні лампи для використання в теплицях випускаються фірмами: Philips (Голландія), SYLVANIA GmbH (Німеччина), Osram (Німеччина), General Electric (США). Найбільшого розповсюдження дістали лампи потужністю 400 і 600 Вт [1,3].

Рух теплових потоків в теплиці при використанні ламп розжарювання високого тиску представлена на рисунку 1.



**Рис. 1** Вплив ламп розжарювання високого тиску на рух теплових потоків в теплиці



Також в теплицях використовується світлодіодне освітлення. Ефективність систем електричного освітлення визначається спектральним складом світла, який вони випромінюють; рівнем освітленості, який вони забезпечують; коефіцієнтом корисної дії, який впливає на експлуатаційні витрати.

Перевагами світлодіодного освітлення пов'язують з їх невисоким споживанням електроенергії і відсутністю її виділення з опромінюваної поверхні, що дає можливість розміщувати СІДи близько від рослин. Застосування СІДів на томатах дозволяє збільшити густину стебел з 2,25 до 3,3 стеб/м<sup>2</sup> [1,3]. Листя, що досвічуються СІДами стають більш жорсткими та твердими – за рахунок меншого відводу асимілятів при більш високій вологості повітря (з лампами високого тиску – вологість повітря менша). Вважається, що світло світлодіодів дає приріст врожаю томатів до 15% порівняно з лампами високого тиску, та інтенсивність фотосинтезу у рослин може бути вищою на 20% [1,3].

Перспективою подальших досліджень є дослідження впливу систем асиміляційного світлодіодного освітлення на якісні та кількісні показники продукції закритого ґрунту в умовах культиваційних споруд захищеного ґрунту розміщених на базі Поліського національного університету.

### **Список бібліографічних посилань**

1. Міненко С. В. Аналіз залежності інтенсивності продуктивного фотосинтезу від режимів мікроклімату в індустріальних теплицях / С. В. Міненко, В. М. Савченко, В. В. Крот // Вісник ЖНАЕУ. – 2016. – № 1 (53), т. 1. – С. 270–276.
2. Савченко В.М. Стратегії контролю процесами мікроклімату в індустріальних теплицях / В. М. Савченко, С. В. Міненко, О. А. Махов // Зб. Тез доп. VII Всеукр. Наук.-практ. Конф. студентів та аспірантів “Підвищення надійності машин і обладнання”. – Кіровоград: КНТУ, 2013. – С. 48-50.
3. Белогубова Е.Н. Современное овощеводство закрытого и открытого грунта: Учеб. Пособие / Е.Н. Белогубова, А.М. Васильев, Л.С. Гиль. – К: Киевская Правда, 2006. – 528 с.

## ГЛІЦЕРИНОМІСТКІ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНІ РЕЧОВИНИ В ХАРЧОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ

*Полєвода Ю. А. к.т.н., доцент*

*Вінницький національний аграрний університет*

На даний час практично не існує підприємств, які виготовляють ПАР самостійно. Всі вітчизняні підприємства олійно-жирової та інших галузей харчової промисловості їх купують за кордоном. Найперспективнішим способом виробництва ПАР є переетерифікація олій та жирів. Дослідження із розробки технології перспективних харчових ПАР на основі процесу переетерифікації, дешевші за існуючі [1-3].

Отримані стійкі емульсії першого і другого родів поверхнево-активних речовин виконують роль емульгаторів і стабілізаторів. Вони не тільки сприяють зниженню міжфазної енергії, полегшуючи диспергування однієї рідини в іншу, а й попереджують краплі від злипання, стабілізуючи отриману емульсію.

До природних ПАР відносяться фосфоліпіди, білки, вуглеводи, смоли, воски, ланолін та інші [4-6]. Велика потреба поверхнево-активних речовин обумовила необхідність отримання їх синтетичним шляхом [7]. На даний час відомі ПАР, які мають більш високий ефект дії ніж природні.

Виділяють два класи ПАР, що різняться характером адсорбції і механізмом стабілізації дисперсних систем. До першого класу відносяться низькомолекулярні з'єднання дифільного характеру, до другого – високомолекулярні з'єднання, в яких чергуються гідрофільні і гідрофобні групи, що розподілені по всій довжині.

До низькомолекулярних емульгаторів, що використовуються в харчовій промисловості, відносяться фосфоліпіди, моногліцериди жирних кислот і продукти їх етерифікації оцтової, молочної, лимонної, винної або іншими кислотами. Дані емульгатори володіють великою поверхневою активністю, відповідно, кращим диспергуючим ефектом, через це їх використовують переважно для отримання емульсій зворотнього типу (маргаринів).

Високомолекулярні емульгатори – білки рослинного та тваринного походження, вони використовуються у виробництві емульсій прямого типу (майонезів).

Перспективи використання гліцериномістких ПАР в харчових та переробних виробництвах дуже великі.

Харчові рослинні фосфоліпіди отримані за новою технологією з використанням електромагнітних взаємодій та м'яких технологічних режимів, з високими фізико-хімічними показниками, можуть бути ефективним емульгатором у виробництві маргарину. Крім цього, визначенні умови, при яких вони проявляють властивості емульгатора прямого типу та можуть бути ефективним заміником яєчного порошку при виробництві майонезу. Встановлено, що структурні властивості фосфоліпідів збільшуються з часом в процесі зберігання майонезу. Промислові випробування харчових рослинних фосфоліпідів показали, що їх можна ефективно використовувати в якості самостійного емульгатора як у виробництві маргаринів різної жирності, так і при виробництві майонезів. Під час створення майонезної емульсії харчові рослинні фосфоліпіди (ХРФ) необхідно вводити не у вигляді масляного розчину, як при утворенні маргаринової емульсії, а у вигляді водно-фосфоліпідної емульсії.

Поряд із фосфоліпідами, що виділенні із природних рослинних масел, відомі їх синтетичні аналоги. Відомі способи отримання синтетичних фосфоліпідів-емульгаторів ФОЛС – 1, 2, 3. Дані емульгатори являють собою суміш амонієвих солей фосфоліпідних кислот з гліцеридами вищих жирних кислот. Вміст фосфогліцеридної фракції не менше 70%. Як і природні емульгатори, ФОЛС мають високу поверхневу активність і антиоксидантні властивості, їх можна використовувати для виробництва як майонезу, так і маргаринів.

В маргариновій промисловості на даний час використовують емульгатори Т – 1, Т – Ф, МГД (дистильовані моногліцериди), а також інші закордонного виробництва ПАР.

Для забезпечення наявності відповідних ПАР слід звернути увагу на виробництво сирого гліцерину та способів його подальшої очистки, що в свою чергу залежить від відповідних фізико-механічних властивостей сировини.

#### Висновок

Розглянувши виробництво емульгаторів Т – 1 і Т – Ф, моногліцеридів та їх похідних; проаналізувавши процес гліцеролізу жирів, процес молекулярної дистиляції та виробництво 90% - вих моногліцеридів можна стверджувати, що застосування поверхнево-активних, гліцериномістких речовин покращують властивості харчових продуктів.

## Список використаних джерел

1. Демидов І. М., Златкіна Г. І. Одержання харчових пар з використанням реакції переетерифікації. Наукові праці. Одеська національна академія харчових технологій. 2009. Вип. 36, т. 2. С. 180–182.
2. Арутюнян Н. С., Корнена Е. П., Янова А. И. Технология переработки жиров. Изд. 3-е перераб. М. : Пищепромиздат, 1999. 452 с.
3. Сокол Г. І. Технология переетерифікації жирів з одержанням харчових поверхнево-активних речовин : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня к-та техн. Наук : 05.18.06. Харків, 2010. 21 с.
4. Полевода Ю. А. Інтенсифікація первинного очищення гліцерину вібровідцентровими засобами : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.12 / Вінницький нац. аграр. ун-т. Вінниця, 2013. 249 с.
5. E 422 – Гліцерин. Пищевые добавки : веб-сайт. URL: <http://www.dobavkam.net/additives/e422> (дата звернення: 16.03.2020).
6. Технология переработки жиров / Тютюнников Б. Н., Науменко П. В., Товбин И. М., Фаниев Г. Г. К. : Пищепромиздат, 1956. 238 с.
7. Ошин Л. А. Производство синтетического глицерина. М. : Химия, 1974. 188 с.

## **ГІГІЄНІЧНА ОЦІНКА ВПЛИВУ МІКРОКЛІМАТУ В ТЕПЛИЦІ НА ВИРОБНИЧИЙ ПЕРСОНАЛ**

*Савченко О. В., студентка Поліського національного університету  
(м. Житомир).*

*Савченко Л. Г., кандидат історичних наук, доцент кафедри  
електрифікації, автоматизації виробництва та інженерної  
екології*

*Поліського національного університету  
(м. Житомир).*

Підвищення рівня продовольчої безпеки в світі, і зокрема в Україні, тісно пов'язане з використанням теплиць та тепличних комплексів, які дозволяють отримати товарну продукцію в період, коли відкритий ґрунт не в змозі того зробити. Особливо актуальним дане питання стоїть в останні роки, коли погодні умови, якими ми не можемо керувати, різко змінюються впливаючи на врожай.

В роботах [1,2,3] для різних технологій вирощування розглянуті питання збереження якісних показників рослин та підвищення їх продуктивності в залежності від мікроклімату всередині культиваційних споруд. У виробничому циклі найбільший час займають роботи з вирощування розсади, формування рослин, збору врожаю та догляду за рослинами. У цей період в теплицях підтримується специфічний, штучно створюваний температурно-вологісний режим, який характеризується відносно постійними підвищеними рівнями температури і вологості повітря. Роботи з видалення рослинної маси, зачистки і обробки теплиць виконуються два рази на рік і тривають від 5-10 днів до одного місяця на рік і проводяться при відкритих дверних отворах і не працюючих системах підтримки параметрів мікроклімату.

Однією з відмінних особливостей технології вирощування овочів в умовах закритого ґрунту є специфічний температурно-вологісний режим, який характеризується підвищеними значеннями температури, відносною вологістю і низькою рухливістю повітряного середовища [4]. Результати досліджень [5,6] показали, що основною особливістю умов праці виробничого персоналу в усі періоди робіт виявилися несприятливі мікрокліматичні умови. Найбільш несприятливі мікрокліматичні умови відзначаються в літній період, коли температурно-вологісний режим залежить від інтенсивності сонячної радіації, що досягає 1600-1880 Ккал /

м<sup>2</sup> на годину, змінюючись відповідно погодних умов. Так, в теплий період року (при температурі зовнішнього повітря + 20-24° С) температура повітря в приміщеннях перевищувала допустимі значення. Найбільші перевищення (на 4-8° С) зареєстровані в період догляду за рослинами і збирання врожаю. Значення індексу теплового навантаження середовища (ТНС-індексу), що відображає поєднаний вплив температури повітря, швидкості його руху і вологості на теплообмін людини з навколишнім середовищем, в цей період робіт перевищували допустимі від 2,3 до 3,0 °С.

Таким чином, протягом усього циклу вирощування овочів в умовах закритого ґрунту виробничий персонал піддається впливу нагріваючого мікроклімату. Гігієнічна оцінка умов праці за параметрами мікроклімату в період вирощування і висадки розсади, формування рослин відповідає шкідливості 1-го ступеня (клас 3.1), в період догляду за рослинами і збирання врожаю і видалення рослинної маси - шкідливості 3-го ступеня [5,6]

Нагріваючий мікроклімат (підвищені температури повітря, висока вологість і обмежена його рухливість) протягом робочої зміни в поєднанні з високою фізичною активністю мають несприятливий вплив на формування теплового стану виробничого персоналу.

### Список бібліографічних посилань

8. Міненко С. В. Автоматизація екологобезпечної технології поливу рослин прилив-відлив в середовищі захищеного ґрунту / С. В. Міненко, В. М. Савченко // Органічне виробництво і продовольча безпека : [зб. доп. учасн. VI Міжнар. наук.-практ. конф.]. – Житомир : О. О. Євенок, 2018. – С. 263–267.

9. Міненко С. В. Аналіз залежності інтенсивності продуктивного фотосинтезу від режимів мікроклімату в індустриальних теплицях / С. В. Міненко, В. М. Савченко, В. В. Крот // Вісник ЖНАЕУ. – 2016. – № 1 (53), т. 1. – С. 270–276.

10. Савченко В. М. Вплив культиваційних споруд та технологічних систем на параметри мікроклімату при вирощуванні продукції захищеного ґрунту / В. М. Савченко, В. В. Крот // Крамаровські читання : зб. тез доп. II міжнар. наук.-техн. конф., 3 квіт. 2013. – К. : НУБіП, 2013. – С. 72–74.

11. Міненко С. В. Класифікація способів зняття перегріву рослин в індустріальних теплицях / С. В. Міненко, В. М. Савченко, В. В. Крот // Вісник ЖНАЕУ. – 2016. – № 1 (53), т. 1. – С. 276–282.

12. Савченко Л. Г. Дослідження рівня виробничого травматизму та профзахворюваності при вирощуванні продукції рослинництва в умовах відкритого та захищеного ґрунту України/ Л. Г. Савченко, В. М. Савченко// Вісн. Харківського нац. техн. ун-ту сільського госп-ва ім. П. Василенка. — 2017. - Вип. 180. - С. 160-168.

13. Савченко Л. Г. Гігієнічна оцінка впливу технічного стану систем керування вологісними та температурними режимами в теплиці на виробничий персонал/ Л. Г. Савченко, В. М. Савченко, С.В.Міненко // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. - 2018. - № 11. - С. 280-284.

## ОСОБЛИВОСТІ АНАЕРОБНОЇ ФЕРМЕНТАЦІЇ РІЗНИХ ВИДІВ ТВАРИННИЦЬКИХ ВІДХОДІВ

*Скляр Р.В., к.т.н., доцент*

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна.*

Теоретично всі органічні речовини можна хоча б частково розкласти як аеробним, так і анаеробним шляхом. Принциповим правилом є те, що тверді, зі складною структурою матеріали – такі як деревина і солома – краще підходять для аеробних умов, тобто компостування, в той час як рідкі матеріали – гній, відходи продуктів харчування, жири тощо, краще розкладаються в анаеробних умовах (бродиння) [1-3]. Вибір методу (бродиння або компостування), яким їх краще всього переробляти, залежить, в першу чергу, від вмісту сухої речовини.

Для переробки відходів із застосуванням біогазових технологій необхідно, щоб вміст сухої речовини в субстраті становив 5...15% [1]. Якщо цей показник нижче 5%, то процеси будуть відбуватися повільніше, що чинитиме істотний негативний вплив на рентабельність. 15% вмісту сухої речовини є верхньою межею, за якою субстрат ще можна перекачувати насосами, змішувати.

Важливим є співвідношення вуглецю і азоту, яке має складати від 10:1 до 40:1 [4]. В цьому плані відходи сільськогосподарських тварин створюють сприятливі умови як для анаеробного, так і для аеробного бродиння, оскільки вони мають збалансований склад поживних речовин і великий буферний потенціал [5]. При складанні «раціону» біогазової установки важливо, щоб завантаження реактора було як мінімум менше 4кг – ще краще, якщо менше 3 кг – органічної речовини на 1 м<sup>3</sup> об'єму реактора, незалежно від виду субстрату або його суміші.

Суміш, що складається з різних субстратів, в залежності від їх виду, має різні характеристики по розшаруванню. Це в свою чергу впливає на утворення плаваючої кірки і осідання [1,3]. Завжди діє правило: чим густіше субстрат або суміш, тим менше вона схильна до розшарування. Гомогенна суміш з невеликим розміром складових часток і високим вмістом сухої речовини, наприклад гній великої рогатої худоби, перемішаний з рослинними косубстратами, має невелику схильність до розшарування. Підвищену схильність до розшарування має текучий рідкий гній свиней і рідкий курячий послід, стічна вода в поєднанні з рослинними



косубстратами (наприклад, з неподрібненою свіжою соломою, скошеною травою тощо) [2].

Пташиний послід – це продукт обміну речовин колоїдної консистенції, сіро-зеленого кольору, грудкувато-пористої структури, що виділяється з організму птахів у вигляді суміші сечі і калу. Основний напрямок використання посліду – удобрення сільськогосподарських культур [7]. Внесення посліду в ґрунт протягом всього року неможливо, тому протягом кількох місяців його накопичують у послідосховищах. При всіх існуючих способах зберігання посліду з нього втрачається азот, оскільки кінцевим продуктом азотистого обміну у птахів є сечова кислота, яка складає близько 60% від загального змісту азотистих речовин у посліді. Сечова кислота під дією уробактерій і ферменту уреазі, що виділяється ними, розщеплюється до аміаку і вуглекислоти. Цей процес йде як у присутності кисню повітря, так і без нього і прискорюється при контакті посліду з водою, що призводить до втрат азоту в вигляді аміаку [1,2].

Для скорочення втрат поживних речовин при зберіганні посліду використовують різні прийоми його переробки: аеробна та анаеробна ферментація, додавання хімічних реагентів, змішування з речовинами, які здатні знищувати неприємний запах і закріплювати азот, термічний метод зневоднення і знезараження. Крім того, додавання в послід торфу, тирси, лігніну або соломи помітно знижує втрати азоту [5].

Вихід посліду залежить від виду птиці, її віку, раціону та способу утримання [6]. У сучасному птахівництві в основному застосовують кліткову і підлогову систему утримання. При підлоговій системі отримують суміш посліду з підстилкою (у вигляді тирси, соломи). Важливу роль відіграє також спосіб видалення посліду (гідрозмив, скребковий механізм тощо). На вміст сухої речовини в посліді, швидкість розкладання органічних речовин в процесі накопичення або зберігання помітний вплив чинить випаровування вологи. Послід курей містить пір'я, які схильні до формування плаваючої кірки, в той же час, внаслідок особливостей годівлі, він містить велику кількість крейди і піску, тому слід врахувати також випадання осаду.

Жуйні тварини є класичним прикладом прояву симбіозу між тваринним організмом і мікрофлорою, яка живе в передшлунках. У рубці жуйних температура трохи вище, ніж в прямій кишці, що багато в чому залежить не тільки від інтенсивності кровопостачання, але й від анаеробного бродіння в рубці, і становить 38...42 °С. Відносно сталі кислотність, іонний склад вмісту, а також достатня кількість рідини

сприяють забезпеченню нормальної життєдіяльності мікроорганізмів. Кислотність рубцевого вмісту знаходиться на рівні від 6,8 до 7,2, створюючи тим самим сприятливі умови для мікрофлори. Частий прийом корму забезпечує постачання бактерій живильним середовищем.

Завдяки діяльності мікроорганізмів, поживні речовини корму піддаються складним перетворенням (ферментації), в результаті яких утворюються прості розчинні сполуки: аміак, амінокислоти, летючі жирні кислоти, які використовуються організмом тварини як енергетичний матеріал. Основну масу органічної речовини раціону жуйних представлено вуглеводами (до 80%). Це такі високомолекулярні з'єднання, як клітковина, крохмаль, геміцелюлоза та ін. Вони перетравлюються в основному в рубці, де розщеплюються до 95% цукрів і крохмалю і до 50% перетравності клітковини корму. Лише незначна кількість розчинних вуглеводів і до 50% спожитої клітковини переходять в нижні відділи травного тракту, де продовжується їх перетравлення [1].

По виходу біогазу найнижчі показники має гній худоби. Велика рогата худоба, як всі жуйні тварини, завдяки особливій мікрофлорі шлунку, що містить серед інших і метанові бактерії, а також довгому кишковому тракту і сильному подрібненню легко перетравлюваних речовин, споживає значну кількість сирої клітковини. Однак цей недолік в деякій мірі компенсується високим вмістом сухої речовини [1,2].

У свиней коефіцієнт перетравлення корму набагато нижче, що обумовлено однокамерним шлунком і коротким кишечником. Тому вихід біогазу з гною свиней істотно вище, ніж з гною великої рогатої худоби з-за того, що містить безліч поживних речовин, які нерозкладані й не використані організмом. Кури, як і всі птахи, мають короткий травний апарат, що обумовлює їх малу вагу. Перетравлення є неповним. У посліді міститься велика кількість речовин, що придатні до перетравлювання. Тому послід дає найвищі показники виходу газу. Однак, він настільки багатий сухою масою, що, як правило, його необхідно розбавляти водою. До того ж, високий вміст азоту може викликати проблеми з біологічним процесом анаеробної ферментації (інгібування процесу) [1,2].

Суміш гною худоби, свиней та курячого посліду допомагає уникнути труднощів, які супутні монобродінню фекалій окремих видів тварин. Таким чином, успішно працюють окремі біогазові установки. Внаслідок спеціалізації в сільському господарстві багато біогазових установок завантажуються гноєм одного виду тварин; в основному це худоба (молочні корови, м'ясні бички, молодняк худоби). Менша кількість

установок працює на гної відгодівельних свиней і лише незначна кількість - на пташиному посліді.

Ступінь розкладання вказує, який відсоток органічної сухої речовини розклався в межах заданого часу бродіння. Повне розкладання до стану мінералізації теоретично можливо тільки тоді, коли субстрат не містить лігніну. На практиці повне розкладання вимагало б дуже довгого періоду бродіння, оскільки швидкість розкладання не завжди залишається однаковою - навпаки, після проходження початкового етапу вона помітно знижується, відповідно падає і газоутворення. У виробничих масштабах це означає, що останні порції від загальної кількості видобутого біогазу будуть коштувати високих витрат. Висока ступінь розкладання залежить від складу субстрату, відображає виробництво біогазу і до неї варто прагнути. На практиці максимальне розкладання може становити до 70%.

### **Список використаних джерел.**

1. Баадер В., Доче Е., Бренндерфер М. Биогаз. Теория и практика. М: Колос, 1982.

2. Скляр О.Г., Скляр Р.В. Дослідження способів утилізації відходів птахівництва і тваринництва. *Сучасні проблеми та технології аграрного сектору України: Зб. наукових-праць*. Ніжин, 2019. Вип. 12. С. 298-304.

3. Скляр О.Г., Скляр Р.В. Аналіз роботи біогазових установок. Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодержавний збірник. Вип. № 10 (109). ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2019. С. 132-138.

4. Григоренко С.М. Програма та методика експериментальних досліджень на лабораторній біогазовій установці. *Вісник Харківського національного університету с. г. ім. П. Василенка: Наукове фахове видання*. Харків, 2019. Вип.199. С. 267-275.

5. Скляр О.Г., Скляр Р.В. Напрями використання органічних ресурсів у тваринництві. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2011. Вип. 11. Т.5. С.210–217.

6. Boltyansky V., Boltyansky O., Boltyanska N. Analysis of major errors in the design of pumping stations and manure storage on pig farms. *TEKA Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2016. Vol.16. No.2. 49-54.

7. Скляр О.Г. Властивості біодобрих, що отримуються після анаеробної ферментації гною. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2013. Вип. 13. Т.3. С.110-118.

УДК: 631.86:631.371:620.92:633/635

## **ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ДИГІСТАТУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ БІОГАЗОВИХ КОМПЛЕКСІВ**

*Паламарчук В.Д., кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
Кричковський В.Ю., директор ТОВ «Органік-Д», здобувач  
Вінницький національний аграрний університет*

Використання органічних добрив обумовлюється їх не високою вартістю, порівняно із синтетичними добривами та високою ефективністю за рахунок вмісту макро- та мікроелементів. Наявність у складі органічних добрив корисних мікроорганізмів та поживних речовин підвищує родючість ґрунту та вміст гумусу [1, 2].

Тривале використання мінеральних добрив сприяє мінералізації органічної речовини та зменшенню гумусу, а як відомо [2] у гумусі містяться мікро- і макроелементи, фізіологічно активні речовини, крім того гумус як губка вибирає пестициди і важкі метали. Якщо оцінювати записи елементів живлення у ґрунті, можна відмітити, що у гумусі знаходиться близько 97-99% запасів азоту та 60% фосфору. Вміст гумусу визначає основні агрономічно-цінні властивості ґрунту, а за рахунок вмісту структуроутворюючих елементів кальцію та магнію – його водні та повітряні властивості [1, 2].

Одним із резервів підвищення вмісту гумусу є використання біоорганічних добрив із позитивними агрохімічним та мікробіологічним складом, які отримуються шляхом ферментації відходів тваринництва (свинячого гною) у біогазових установках. Об'єм газу, який можуть дати всі свиноферми країни рік, 101868000 м<sup>3</sup> [3]. В процесі зброджування відходів тваринництва виділяється біогаз у якому вміст метану становить 60-65% [4]. В Україні за рахунок використання відходів тваринництва може покриватись 4-8% внутрішньої потреби у енергії [5].

Інвестиційний період для будівництва біогазової станції (заводу) й проведення підготовчих робіт для початку виробництва біогазу і біоорганічних добрив становить 12 місяців. При цьому період окупності знаходиться в межах від 2,6 до 3,9 років [5].

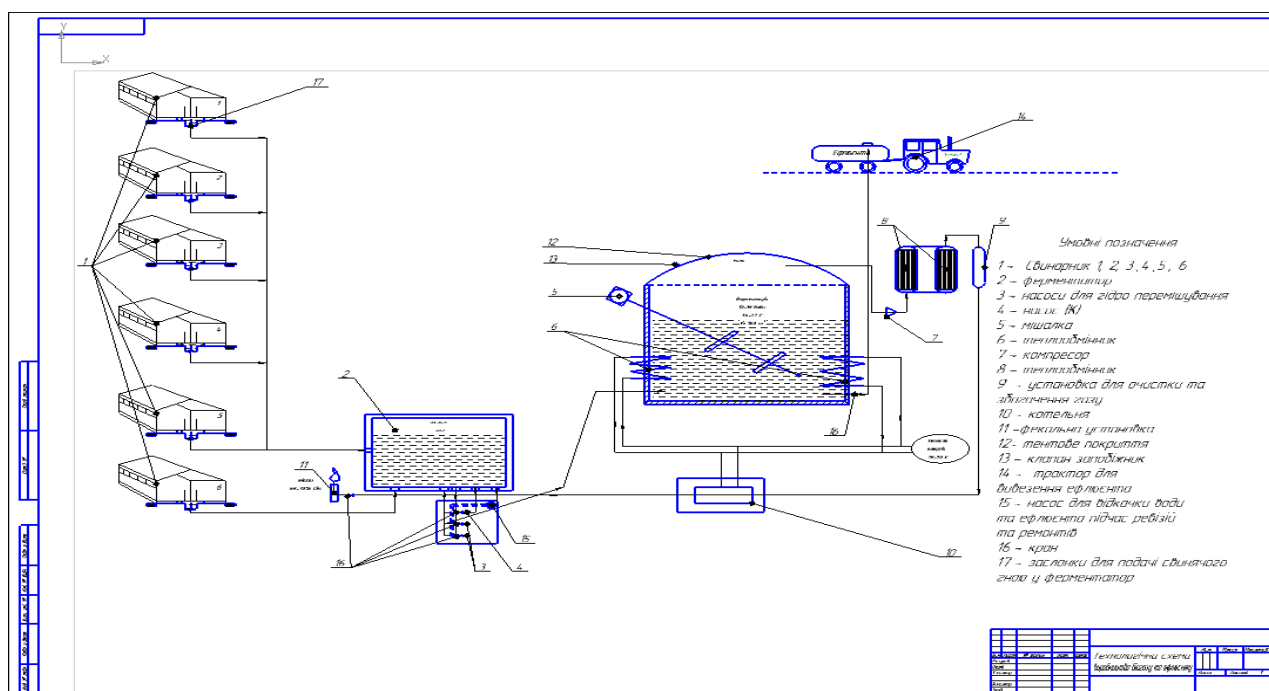
В зв'язку із цим дослідження в даному напрямі є актуальними та перспективними для сучасного аграрного сектору, оскільки вирішують екологічну проблему утилізації відходів тваринництва, зокрема свинокомплексів, енергетичну проблему – виробництво біогазу у біогазовій станції власного виробництва та агрономічну – забезпечує збільшення

урожайності та покращення якості сільськогосподарських та овочевих культур, тобто дає можливість отримувати органічну продукцію рослинництва та овочівництва при утилізації відходів тваринництва.

**Матеріал та методика досліджень.** Дослідження проводили на базі ТОВ «Органік-D», протягом 2018-2019 рр. Органічні рештки у вигляді свинячого гною господарство отримує на ТОВ «Субекон», на якому утримується близько 12 тис. голів свиней. На свинокомплексі використовується безпідстилковий спосіб утримання тварин. Отриманий свинячий гній пропускається через власну біогазову установку для отримання біогазу та утворення біоорганічного добрива Ефлюент.

Агрохімічний склад свинячого гною визначали у лабораторії Prime Lab Tech, що має міжнародну сертифікацію згідно ISO 22000, відповідно до існуючих ДСТУ та методичних вказівок. Мікробіологічний аналіз біоорганічного добрива проводили в біолабораторії ТОВ «Інститут прикладної біотехнології».

**Результати досліджень.** Утворення великої кількості відходів на промислових фермах – це екологічна проблема, а саме забруднення ґрунтів та води, збільшення викидів в атмосферу та зміна клімату. У більшості тваринницьких ферм використовується накопичення та зберігання відходів у лагунах (переважно відкритого типу), після цього гній або послід вносяться на поля як органічне добриво. Проблеми виникають, коли порушуються правила поводження з відходами метод застосовується на великих промислових фермах (рис. 1).



**Рис. 1. Технологічна лінія виробництва біогазу та біоорганічного добрива Ефлюент**

При анаеробному зброджуванні відходів, гній та послід не зберігається тривалий час у лагунах, що зменшує ризики, пов'язані з розгерметизацією, вимиванням, аварійними ситуаціями. Також зменшується ризик понаднормового внесення гною або посліду на поля. Значно зменшується ризик забруднення ґрунтів та води азотом, фосфором та іншими поживними речовинами, та, відповідно, загроза для питного водопостачання та водно-болотних угідь. При анаеробному зброджуванні відходів тваринництва зникає різкий запах, зменшується експозиція до запаху місцевого населення (рис. 1).

Рідкий свинячий гній отримується за рахунок інтенсивних технологій утримання тварин, де використовують щілинні підлоги та самопливна каналізаційна систему замість солом'яної підстилки. Потім цей гній пропускається через біогазову установку для отримання біогазу, а рештки що залишилися пройшовши детоксикацію використовуються як біоорганічне добриво Ефлюент (див. рис. 1).

Мікробіологічний склад безпідстилкового свинячого гною, що використовується для отримання біоорганічного добрива Ефлюент наведений в таблиці 1.

Таблиця 1

**Кількісний склад мікроорганізмів у зразках рідкого свинячого гною (від 25.02.2019 р.)**

№з/п	Варіант	Всього, тис/г	у т. ч.				Гриби-антагоністи		Токсинуотворювальні види грибів	
			Патогенні види		Сапротрофні види		тис/г	%	тис/г	%
			тис/г	%	тис/г	%				
1	Переброджений	193,8	12,6	6,4	181,2	93,6	6,2	3,2	31,2	16,1
2	Не переброджений	118,8	79,2	66,7	39,6	33,3	11,3	9,5	101,8	85,7

Проходження свинячого гною через біогазову установку забезпечує зменшення кількості патогенних мікроорганізмів та збільшує кількість сапрофітних організмів, що істотно покращує мікробіологічний склад отриманого біоорганічного добрива Ефлюент.

Окрім мікробіологічного складу для отриманого добрива важливе значення має агрохімічний склад (таблиця 2). Біоорганічне добриво Ефлюент характеризується лужною реакцією ( $\text{pH}_{\text{сольове}} 8,5$ ), високою кількістю вологи, яка у масовій частці становить 98,4%, значним вмістом нітратного азоту (18,2 мг/кг), міді (4,6 мг/кг), цинку (32 мг/кг), марганцю (20 мг/кг) та заліза (120 мг/кг). Якщо перевести вміст елементів живлення по діючій речовині на 1 тону біоорганічного добрива Ефлюент то у ньому міститься – 2,9 кг азоту, 0,9

кг фосфору, 3,2 кг калію, 3,5 кг кальцію та 0,42 кг магнію. Тому використання даного добрива дозволить забезпечити рослини, як макро- так і мікроелементами.

Таблиця 2

### Результати агрохімічного аналізу біоорганічного добрива Ефлюент

№ з/п	Найменування показників, одиниці вимірювання	Результати випробувань
1.	pH <small>сольове</small>	8,5
2.	Масова частка вологи, %	98,40
3.	Суха речовина, %	1,60
4.	Вміст золи в натурі / в абсолютно сухій речовині, %	0,60/37,3
5.	Вміст органічної речовини в натурі / в абсолютно сухій речовині, %	1,00/62,7
6.	Вміст нітратного азоту, мг/кг	18,2
7.	Вміст амонійного азоту, %	0,23
8.	Масова частка загального азоту, %	0,29
9.	Масова частка загального фосфору, %	0,09
10.	Масова частка загального калію (K <sub>2</sub> O), %	0,32
<b>Вміст мікро- і макроелементів</b>		
11.	Мідь, мг/кг	4,60
12.	Цинк, мг/кг	32,0
13.	Марганець, мг/кг	20,0
14.	Залізо, мг/кг	120,0
15.	Магній (MgO), %	0,042
16.	Кальцій (CaO), %	0,350

**Висновок.** Зброджування свинячого гною у біогазовій установці дозволяє отримувати біогаз, а рештки що залишилися та пройшли детоксикацію можна використовувати в якості добрива.

Проходження свинячого гною через біогазову установку забезпечує зменшення кількості патогенних мікроорганізмів та збільшує кількість сапрофітних організмів, що істотно покращує мікробіологічний склад отриманого біоорганічного добрива Ефлюент. Дане добриво характеризується лужною реакцією (pH<sub>сольове</sub> 8,5), високою кількістю вологи, яка у масовій частці становить 98,4%, значним вмістом нітратного азоту (18,2 мг/кг), міді (4,6 мг/кг), цинку (32 мг/кг), марганцю (20 мг/кг) та заліза (120 мг/кг),

якщо перевести вміст елементів живлення по діючій речовині на 1 тону то у ньому міститься – 2,9 кг азоту, 0,9 кг фосфору, 3,2 кг калію, 3,5 кг кальцію та 0,42 кг магнію. Використання даного добрива дозволить забезпечити рослини, як макро- так і мікроелементами.

Внесення біоорганічного добрива Ефлюент за рахунок високого вмісту кальцію (СаО – 0,35%, або 3,5 кг/т) та магнію (MgO 0,042%) дозволить знижувати кислотність ґрунту, що дуже актуально в умовах тривалого використання фізіологічно кислих мінеральних добрив.

### Список використаної літератури

1. Паламарчук В.Д., Поліщук І.С., Єрмакова Л.М., Каленська С.М. Біологія та екологія сільськогосподарських рослин. Підручник з грифом МОН. Вінниця: ФОП Данилюк, 2013. 636 с.
2. Мазур В. А., Паламарчук В.Д., Поліщук І. С., Паламарчук О. Д. Новітні агротехнології у рослинництві. Підручник. Вінниця, 2017. 588 с. (*гриф ВНАУ Протокол №12 від 16.06.2017*).
3. Тваринництво України (Animal production of Ukraine). Статистичний збірник (State statistics service of Ukraine)./ О. М. Прокопенко. К. 2019. 166 с.
4. Biogas Digest. Volume II. Biogas - Application and Product Development. Information and Advisory Service on Appropriate Technology. GTZ. <http://www.gtz.de/de/dokumente/en-biogas-volume2.pdf>
5. Кузнецова А., Куценко К. Біогаз та «зелені тарифи» в Україні – чи вигідне інвестування? (Серія консультативних робіт AgPP №. 26). К. 2010. 40 с.



## ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ВІТРОГЕНЕРАТОРНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ В УМОВАХ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННИХ ГЕОЕКОСИСТЕМ УКРАЇНИ

**Шелудченко Б.А.** к.т.н., проф.

*професор кафедри механіки та інженерії агроєкосистем*

**Кухарець С.М.** д.т.н., проф.

*завідувач кафедри механіки та інженерії агроєкосистем*

**Білецький В.Р.** к.т.н.,

*доцент кафедри машиновикористання, мобільної енергетики*

*та сервісу технологічних систем*

**Плужников О.Б.** інженер

*Поліський національний університет (м. Житомир)*

Процеси техногенної трансформації ландшафтів природно-територіальних комплексів та їх еволюціонування у природно-техногенні геоекосистеми призводять до ряду специфічних процесів (перетворення рельєфних характеристик, нетипові добові коливання фізичних ознак, структури та хімічного складу атмосфери тощо), які врешті і зумовлюють формування специфічного розподілу енергетичних та метеорологічних потенціалів окремих ділянок техногенних ландшафтів.

Природно-техногенні геоекосистеми з щільно розвиненою мережею автомобільних доріг вирізняються наявністю лінійно розгалуженого опорного каркасу транспортно-комунікаційної підсистеми, що зумовлює формування штучних фізичних гео-метеорологічних бар'єрів, а отже, як наслідок, призводить до появи специфічних мезометеорологічних чинників та вітрів, які значно відрізняються від фонових.

Найсуттєвіше це виявляється на ділянках автодоріг, які розташовано на насипах, а отже полотно дороги розташовано значно вище поверхні суміжного ландшафту. В цьому випадку специфіка стратифікації атмосфери в межах смуги відведення автомобільної дороги зумовлює відсутність вертикальних прискорень повітряних мас, які активно переміщуються в горизонтальних напрямках.

Горизонтальний характер енерго-масопереносу в смузі відведення автомобільної дороги зумовлює підвищення фонових вітрових тисків на 25...30%, що для зони Полісся України (рис.1, таблиця) визначає значення вітрового тиску (в абсолютному показнику) в межах  $p = 620 \dots 650$  Па. Такі значення вітрового тиску дозволять надійну експлуатацію вітрових

електростанцій з потужністю вищою за “середню промислову потужність” (рис.2).

Таблиця

Характерні нормативні значення вітрових навантажень  
в Україні для  $T_{ef}$  50 років

№ району	1	2	3	4	5
Вітровий тиск, Па	400	450	500	550	600



Рис.1. Характеристичні нормативні значення вітрових навантажень  
в Україні для  $T_{ef}$  50 років

Якщо в якості вітрових установок вітрогенераторних електростанцій використовувати вітрові установки з вертикальною віссю обертання роторів (рис.3) і розташовувати їх лінійно вздовж полотна автодороги в межах резервно-технологічних смуг ділянок автодоріг, то окрім основної функції (генерування електричних потужностей) комплекс таких лінійно розташованих вітрових установок буде виконувати і суміщену, побічну функцію – захист території природно-техногенної геоекосистеми з

розвиненою автодорожньою мережею від міграції газо-пилових забруднюючих аерозолів, які продукуються автотранспортними потоками.

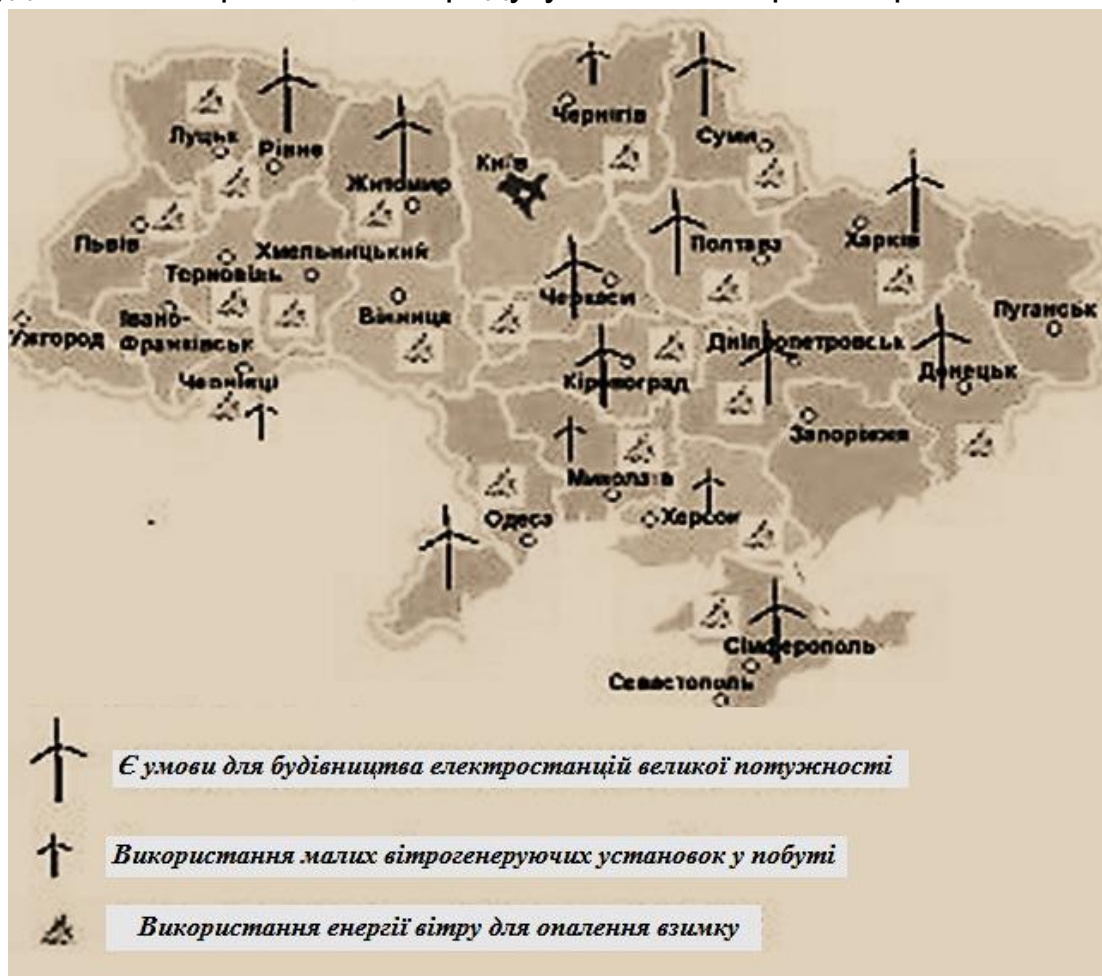


Рис.2. Оцінка перспектив використання енергії вітру

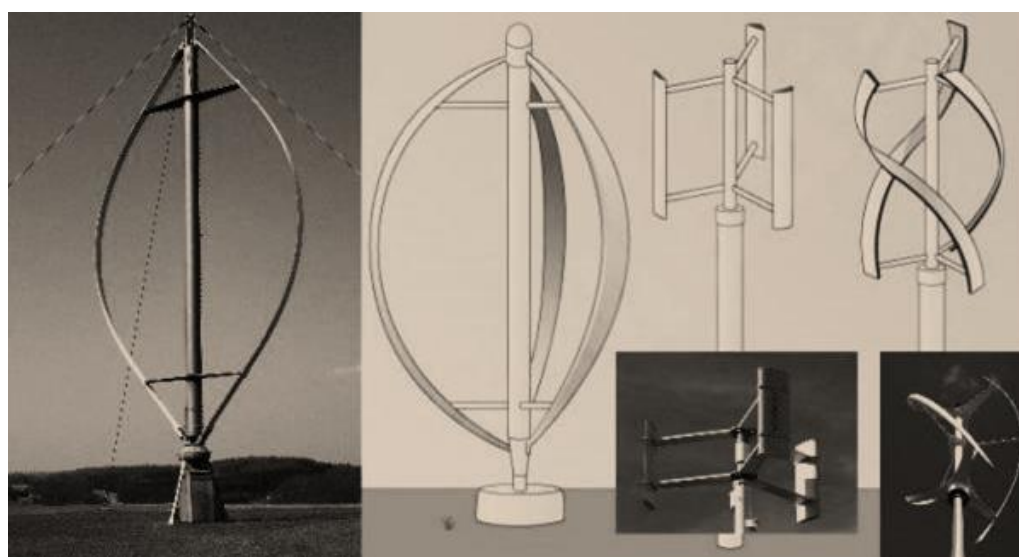


Рис.3. Варіанти вітрових установок з вертикальною віссю обертання ротора

## **БІОГАЗОВІ СТАНЦІЇ ЯК ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИЙ ЗАСІБ ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ**

*Скляр О.Г., к.т.н., професор*

*Скляр Р.В., к.т.н., доцент*

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

В даний час стрімкий темп розвитку технічного прогресу, який спрямовано на підвищення енергоозброєності та поліпшення комфортних умов праці і побуту людини, все частіше призводить до порушення природних процесів, виснаження біотичного потенціалу екосистем та зниження біопродукційної здатності природних і культурних ландшафтів [1-3]. Саме цей факт в першу чергу визначає сьогодні підвищення актуальності природознавства у сфері наук про Землю.

Особлива увага сьогодні приділяється вивченню взаємозв'язку результатів антропогенної діяльності і природних процесів біоти та ґрунтів на різних рівнях локалізації. В рамках концепції агроландшафту сформульовано поняття агрогеосистеми. Агрогеосистема – це техноприродна ресурсотворювальна і середоутворювальна гео(еко)система, яка служить об'єктом сільськогосподарської діяльності і одночасно середовищем існування культурних рослин, домашніх тварин та людини. В ній експлуатується унікальний природний процес, властивий зеленим рослинам, – фотосинтез, створює живу речовину з неорганічних речовин, енергетичною основою якого є сонячне випромінювання.

Агрогеосистема багато в чому відрізняється від природної геосистеми. Насамперед, це докорінна трансформація біогеохімічного кругообігу речовин. В природних геосистемах лише близько 10 % первинної біологічної продукції, створеної зеленими рослинами, утилізується в трофічних (харчових) ланцюгах травоядними і всеїдними тваринами, а інша рослинна маса після відмирання йде на розширене відтворення родючості ґрунту. В орних агрогеосистемах вилучення із зібраним урожаєм переважної частини біомаси призводить до різкого дисбалансу біогеохімічного кругообігу. Як наслідок, відбувається збіднення ґрунтів гумусом, поживними елементами, руйнується структура орного горизонту. Ґрунт втрачає свою родючість, стає податливим до ерозійних процесів. Виникає необхідність відновлення родючості ґрунтів за рахунок внесення органічних і мінеральних добрив [4-6]. До цього додається й інше

хімічне навантаження: різноманітні отрутохімікати, хімічні меліоранти (вапно, гіпс).

Крім того, в процесі господарської діяльності людини крім основної продукції і послуг безперервно утворюються непридатні до вживання продукти – відходи. У загальному випадку відходи визначаються як залишки продуктів або додатковий продукт, що утворюються в процесі або після завершення певної діяльності і не використовувані в безпосередньому зв'язку з цією діяльністю [3]. За структурою і агрегатним станом відходи можуть бути твердими, рідкими (скидами), газоподібними (викидами), шламами і сумішами на різних етапах їх технологічного циклу і розглядаються як біосферозабруднювачі.

В даний час в Україні щорічно виробляється близько 1,6 млрд. т всіх видів відходів. У багатьох випадках обсяги відходів, які утворюються перевищують обсяги виробленої продукції. Так, наприклад, тваринницькі комплекси і птахофабрики можна розглядати в першу чергу як виробників відходів, оскільки обсяги гною і посліду в сотні і тисячі разів перевищують обсяги основної продукції [7].

Кількість відходів агропромислового комплексу України сьогодні досягає 290 млн. т на рік (108 млн. т сухої речовини), причому більша частина цих відходів не утилізується. Це призводить до проблем окислення ґрунтів, відчуження сільськогосподарських земель (під зберігання гною), забруднення ґрунтових вод і викидів в атмосферу метану – парникового газу.

Значну частку відходів у загальній масі становлять тверді побутові відходи (ТПВ), що представляють собою складну гетерогенну суміш біологічних (кістки, харчові та рослинні відходи), синтетичних (папір, деревина, текстиль), нафтопродуктів (шкіра, гума, пластмаси), скла, різних металевих і інших відходів. Звалища побутових відходів служать джерелом їжі синантропним видам – переносників інфекції, насамперед щурам. Банки, пляшки та інші ємності із залишками органіки можуть грати роль пасток для диких тварин, для комах.

Найбільш поширеним методом утилізації ТПВ є спалювання з подальшим захороненням золи, що утворюється, на спеціальному полігоні. Метод володіє серйозними недоліками, такими як утворення сильно отруйних хімічних сполук, наприклад діоксинів і фуранів. Існує досить багато технологій спалювання сміття – камерне, пошарове, в киплячому шарі. Сміття спалюватися в суміші з природним паливом. Найбільш

небезпечним з екологічної точки зору є низькотемпературне спалювання в котлах [5].

Полігони для захоронення ТПВ являють собою земельні ділянки (котловани), заповнені твердими побутовими відходами і є по суті біохімічними реакторами, в яких при анаеробному розкладанні органічних компонентів утворюється метановмісний газ або «звалищний» біогаз, далі – ЗГ (з вмістом метану 35-65 %). ЗГ у разі прямого попадання в атмосферу є газом, що значно збільшує «парниковий» ефект (метан порівняно з вуглекислим газом проявляє 32-кратне шкідливий вплив на атмосферу Землі). Крім того, ЗГ викликає цілий ряд змін в тілі полігону, які можуть становити суттєву загрозу для агроєкосистеми (руйнування полігону внаслідок скидання тиску газу на поверхню полігону, міграція ЗГ у ґрунті, горіння ЗГ на поверхні (відкрите горіння) і в тілі полігону (приховане, піролітичне горіння) з розповсюдженням продуктів згоряння на значні відстані, збільшення концентрації небезпечних металів в повітрі в деяких випадках в тисячі разів у формі солей або оксидів, тобто в стійкому вигляді).

Таким чином, рішення багатьох проблем, пов'язаних з погіршенням екологічних показників і зниженням біопродукційної здатності природних і культурних ландшафтів, можливо лише за умови організації високоефективного екологічно безпечного рециклінгу відходів на всіх рівнях локалізації агроєкосистем.

Слід зазначити, що найбільш поширеною помилкою є уявлення про біогазові станції, як про джерела поновлюваних енергоресурсів. Дійсно, в процесі переробки утворюється біогаз, що дозволяє виключити витрати енергоресурсів на власні потреби установки (тепло, електроенергія, заправка автомобіля біометаном) і отримати певний прибуток, і все-таки головним призначенням біогазової станції є екологічно безпечна утилізація та переробка відходів, тому основним напрямком діяльності підприємств, що експлуатують біогазові установки, є надання послуг у сфері рециклінгу відходів [7,8].

За виробленими обсягами товарної продукції біогазових станцій на першому місці виступає ефлюент [1,8], об'ємна продуктивність якого дорівнює об'ємному завантаженню перероблюваного субстрату, при цьому унікальне поєднання його мікробіологічного та мікроелементного складу дозволяє отримувати на його основі цінні продукти переробки.

Найбільш яскравим прикладом проблемних субстратів є пташиний послід. Його відрізняють висока концентрація аміаку і сірководню, а також

підвищена кислотність. Переробка в реакторі БГУ чистого курячого посліду являє собою складну задачу, досі серійно не вирішувану європейськими виробниками біогазових установок [3,8].

Цінність посліду як органічного добрива обумовлюється, насамперед, змістом таких хімічних елементів, як азот, фосфор і калій. Зміст деяких елементів і сполук та їх склад в посліді може значно змінюватися в залежності від умов та тривалості зберігання [3]. Під впливом мікроорганізмів, сонця, повітря та інших факторів з речовинами, що входять в склад посліду, відбуваються різні хімічні перетворення, в результаті яких одні сполуки перетворюються в інші, частина з них випаровується в атмосферу і втрачається. Так, при розкладанні органічних речовин посліду утворюються такі летючі речовини, як вуглекислий газ, метан, водень, молекулярний азот, органічні кислоти і ряд інших сполук, які в свою чергу можуть піддаватися подальшим перетворенням.

### **Список використаних джерел.**

1. Баадер В., Доче Е., Бренндерфер М. Биогаз. Теория и практика. М: Колос, 1982.
2. Болтянська Н.І, Болтянський О.В. Формування моделі механізму застосування технологій ресурсозбереження на молочнотоварних фермах. *Сучасні проблеми та технології аграрного сектору України: Зб. наукових-праць*. Ніжин, 2019. Вип. 12. С. 26-32.
3. Скляр О.Г., Скляр Р.В. Дослідження способів утилізації відходів птахівництва і тваринництва. *Сучасні проблеми та технології аграрного сектору України: Зб. наукових-праць*. Ніжин, 2019. Вип. 12. С. 298-304.
4. Скляр О.Г., Скляр Р.В. Аналіз технологій підготовки залишків після анаеробного бродіння. *Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка*. Харків, 2015. Вип. 156. С. 649-655.
5. Скляр О.Г. Напрями використання органічних ресурсів у тваринництві. *Праці ТДАТУ*. Мелітополь, 2011. Вип. 11. Т.5. С.210–217.
6. Скляр О.Г. Властивості біодобрив, що отримуються після анаеробної ферментації гною. *Праці ТДАТУ*. Мелітополь, 2013. Вип. 13. Т.3. С.110-118.
7. Boltyansky V., Boltyansky O., Boltyanska N. Analysis of major errors in the design of pumping stations and manure storage on pig farms. *TEKA Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2016. Vol.16. No.2. 49-54.
8. Мілько Д.О. Особливості процесу метаногенерації пташиного посліду. *Науковий вісник ТДАТУ: Електронне наукове фахове видання*. Вип.8. Т.2. Мелітополь: ТДАТУ, 2018. (DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-6)

## ПОКАЗНИКИ МОНІТОРИНГУ ПОСУХ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ ЗА ДОПОМОГОЮ КОСМІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

*Бевз О.С., студент магістратури,  
спеціалізація: «Інженерія в переробній галузі»  
Поліський національний університет  
(Науковий керівник - д.т.н., проф. С.М. Кухарець)*

Сільськогосподарська посуха - це природна небезпека і складне явище у всьому світі, яке тісно пов'язане з безпекою водозабезпечення та рослинництвом. Посуха може призвести до значних економічних втрат, особливо для країн, що розвиваються. Учені класифікують посухи на метеорологічні, гідрологічні, сільськогосподарські та соціально-економічні, на серйозність яких впливає їх інтенсивність, тривалість, просторове покриття та місцевий соціально-економічний рівень. Сільськогосподарська посуха зазвичай відноситься до періоду зі зменшенням вологості ґрунту, що впливає на виробництво сільськогосподарських культур та викликає неврожай, при цьому відчувається брак поверхневих водних ресурсів. Оскільки важливість продовольчої безпеки все більше усвідомлюється, розвиток методологій моніторингу посухи в сільському господарстві викликає великий науковий інтерес. За останні кілька десятиліть розроблено велику кількість методів вивчення сільськогосподарської посухи на основі опадів, вологості ґрунту, температури, індексу рослинності та інших показників.

Посуху можна кількісно визначити за допомогою метеорологічних показників, таких як індекс важкості посухи Палмера, індекс вологості врожаю, індекс поверхневого водопостачання та стандартизований індекс опадів. Ці показники використовуються як окремо, так і в поєднанні з іншими метеорологічними елементами. Однак їх застосування в локальних або регіональних масштабах насамперед залежить від щільності та просторового розподілу мереж наземних станцій. Деякі показники можуть бути інтерпольовані за допомогою реаналізу, як SPEI (Стандартизований індекс евапотранспірації опадів) та бути використаними для оцінки метеорологічної посухи, але вони мають проблему низького просторового охоплення. Крім того, ці показники також мають недоліки в моніторингу посухи в реальному часі (Rhee та ін., 2010, Liang та ін., 2012, Son та ін., 2012, Sánchez та ін., 2018).



З розвитком технології супутникового зондування для моніторингу масштабної посухи застосовуються дистанційні данні (наприклад, багатоспектральні, термічні інфрачервоні або мікрохвильові дані).

Супутникове дистанційне зондування забезпечує синоптичний огляд поверхні землі та надає просторовий контекст для вимірювання впливу посухи. Ця методика є цінним джерелом своєчасних, просторово-постійних даних, які можуть полегшити моніторинг динаміки рослинності на великих територіях. Наприклад, нормалізований індекс різниці рослинності (NDVI), розрахований за зображеннями дистанційного зондування, широко застосовується для моніторингу посухи, оскільки значення цього показника може використовуватися для відділення рослинності від його ґрунтового фону (Klisch та Atzberger, 2016), а також для надання цінної інформації, що стосується здоров'я рослинності. Kogan (1995) розробив індекс вегетаційного стану (VCI), який виявляє посуху на основі масштабованого NDVI. Однак, використання лише NDVI не дає змоги ефективно ідентифікувати рослинні посухи (Heim, 2002), оскільки багато факторів, такі як зміна покриву землі та зараження шкідниками, можуть призвести до аномалії NDVI, подібної до тієї, що викликана посухою. Набори даних щодо опадів та вологи ґрунту, отримані від мікрохвильових супутникових датчиків, також використовуються для моніторингу посухи. Одним із ключових параметрів у фізиці процесів моніторингу наземних поверхонь на локальному та глобальному масштабах є температура поверхні землі (LST), отримана із супутникових спостережень, та використана окремо або в поєднанні з NDVI для моніторингу посухи (Kogan, 1995, Karnieli та ін, 2010). З цією ж метою також були запропоновані інші показники дистанційного зондування, включаючи нормований індекс води чи різниці води (NDWI; Gao, 1996), нормалізований індекс складності посухи (NDDI; Gu та ін., 2007), індекс температури рослинного покриву (VTCl; Patel et al., 2012), індекс сухості температури та вегетації (TVDI; Sandholt та ін., 2002) та інтегральний показник посухи в мікрохвильовому діапазоні (MIDI; Zhang та Jia, 2013).

#### *Список використаних джерел*

1. Rhee, J., Im, J., Carbone, G.J., 2010. Monitoring agricultural drought for arid and humid regions using multi-sensor remote sensing data. *Remote Sens. Environ.* 114, 2875–2887.

2. Liang, S.L., Li, X.W., Wang, J.D., 2012. *Advanced Remote Sensing: Terrestrial Information Extraction and Applications*. Academic Press.
3. Son, N.T., Chen, C.F., Chen, C.R., Chang, L.Y., Minh, V.Q., 2012. Monitoring agricultural drought in the lower Mekong basin using MODIS NDVI and land surface temperature data. *Int. J. Appl. Earth Observ. Geoform.* 18 (1), 417–427.
4. Sánchez, N., González-Zamora, Á., Martínez-Fernández, J., Piles, M., Pablos, M., 2018. Integrated remote sensing approach to global agricultural drought monitoring. *Agric. For. Meteorol.* 259, 141–153.
5. Klisch, A., Atzberger, C., 2016. Operational drought monitoring in Kenya using MODIS NDVI time series. *Remote Sens.* 8 (4), 267.
6. Kogan, F.N., 1995. Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection. *Adv. Space Res.* 15 (11), 91–100.
7. Heim, R.R.J., 2002. A review of twentieth-century drought indices used in the United States. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 83 (8), 1149–1165.
8. Karnieli, A., Agam, N., Pinker, R.T., Anderson, M., Imhoff, M.L., Gutman, G.G., et al., 2010. Use of NDVI and land surface temperature for drought assessment: merits and limitations. *J. Clim.* 23 (3), 618–633.
9. Gao, B.C., 1996. NDWI-A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sens. Environ.* 58 (3), 257–266.
10. Gu, Y., Brown, J.F., Verdin, J.P., Wardlow, B., 2007. A five year analysis of MODIS NDVI and NDWI for grassland drought assessment over the central great plains of the United States. *Geophys. Res. Lett.* 34 (6). <https://doi.org/10.1029/2006GL029127>.
11. Patel, N.R., Parida, B.R., Venus, V., Saha, S.K., Dadhwal, V.K., 2012. Analysis of agricultural drought using vegetation temperature condition index (VTCI) from Terra/ MODIS satellite data. *Environ. Monit. Assess.* 184 (12), 7153–7163.
12. Sandholt, I., Rasmussen, K., Andersen, J., 2002. A simple interpretation of the surface temperature/vegetation index space for assessment of surface moisture status. *Remote Sens. Environ.* 79 (2), 213–224.
13. Zhang, A., Jia, G., 2013. Monitoring meteorological drought in semiarid regions using multi-sensor microwave remote sensing data. *Remote Sens. Environ.* 134 (7), 12–23.

## МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ПАРАМЕТРІВ ГАЗОГЕНЕРАТОІВ

*Ярош Я.Д., д.т.н., доц.*

*Кухарець М.М., аспірант.*

*Ліщук А. В., студент магістратури, спеціалізація: «Інженерія в  
переробній галузі»*

*Поліський національний університет*

Для дослідження та обґрунтування параметрів роботи газогенератора для отримання газу із біомаси нами запропоновано спеціальну установку. Установка містить такі основні компоненти: газогенератор, під номером 5 на рис. 1, повітродувку 2, змішувач газу 10. Також до складу установки входять додаткові компоненти: анемометри 1, частотний перетворювач 10, фільтр-циклон для грубого очищення газу 6, охолоджувач газу 7, фільтр для ретельного очищення газу 9, газоаналізатор 8.

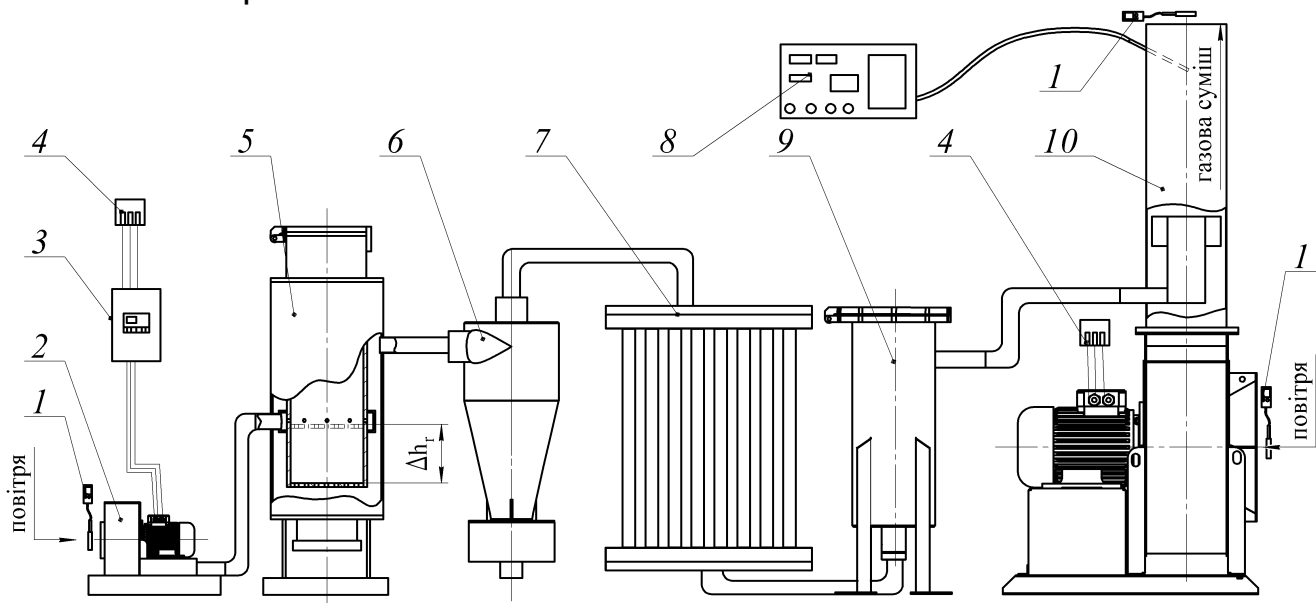


Рис. 1. Схема установки для дослідження та обґрунтування параметрів роботи газогенератора (позначення в тексті)

Наведена на рисунку 1 установка дозволяє дослідити вплив розмірів частинок палива, рівня подачі окиснювача в газогенератор та лінійної висоти області відновлення в газогенераторі на вміст горючих компонентів, зокрема CO, в генераторному газі.



Рис. 2. Фото установки для дослідження та об'ґрунтування параметрів роботи газогенератора

Як паливо використовувались дерев'яні брусочки із стороною 10 мм, 40 мм та 70 мм та гранули із соломи та тирси.

Для зміни рівня подачі окиснювача (повітря) в газогенератор використовувалася повітродувка, частота обертів крильчатки якої регулювалася за допомогою зміни частоти обертів двигуна повітродувки. Частота обертів змінювалася із використанням частотного перетворювача.

Для контролю подачі повітря в газогенератор та виходу газу використовували цифрові крильчасті анемометри та роторні лічильники газу та повітря.

Для зміни висоти області відновлення використовувався спеціальний, нами розроблений, пристрій (рис. 3), що рухав колосник газогенератора вздовж його осі. Діапазон зміни області відновлення газогенератора становив від 0 до 150 мм. Необхідно також зауважити що робочий діаметр областей відновлення та горіння в газогенераторі становив 200 мм.

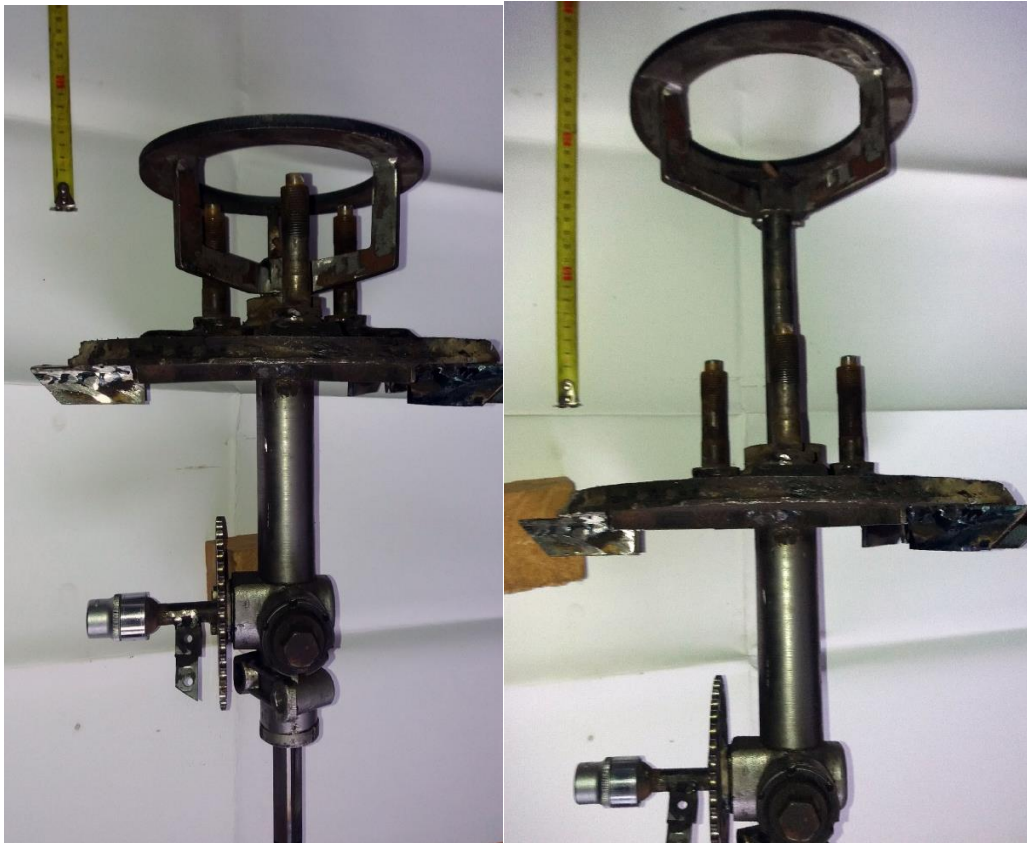


Рис. 3. Пристрій для руху колосника газогенератора вздовж його осі

Для вимірювання вмісту CO в газі було використано газоаналізатор типу Інфракар. Зважаючи, що максимальний вміст CO в газі може складати більше 30%, а газоаналізатор Інфракар показую тільки до 7%, було прийнято рішення використати змішувач газу і атмосферного повітря.

Для проведення експериментальних досліджень оптимальним варіантом є використання плану Бокса-Бенкіна, що дозволяє отримати точні результати при мінімальній кількості повторів в експерименті. Для твердження про адекватність проведених експериментів необхідно виконати багатофакторний аналіз отриманих даних та оцінити однорідність дисперсії за критерієм Кохрена і значимість коефіцієнтів отриманих рівнянь регресії оцінювалася за критерієм Стюдента. Загальну адекватність адекватність отриманих рівнянь необхідно оцінити за критерієм Фішера.

Для проведення експериментальних досліджень щодо виробництва електричної енергії на основі генераторного газу нами було сконструйовано ще одну дослідну установку (рис. 4). В склад установки входив газогенератор 1, система очищення та охолодження газу 2, 3, 4, карбюраторна електростанція 5. Електростанція була оснащення змішувачем, для регулювання подачі повітря та газу в двигун. Для контролю вихлопних газів використовувався газоаналізатор 9. Для

створення електричного навантаження на електростанцію використовувався стенд 12 який контролювався спеціальним цифровим пристроєм 11

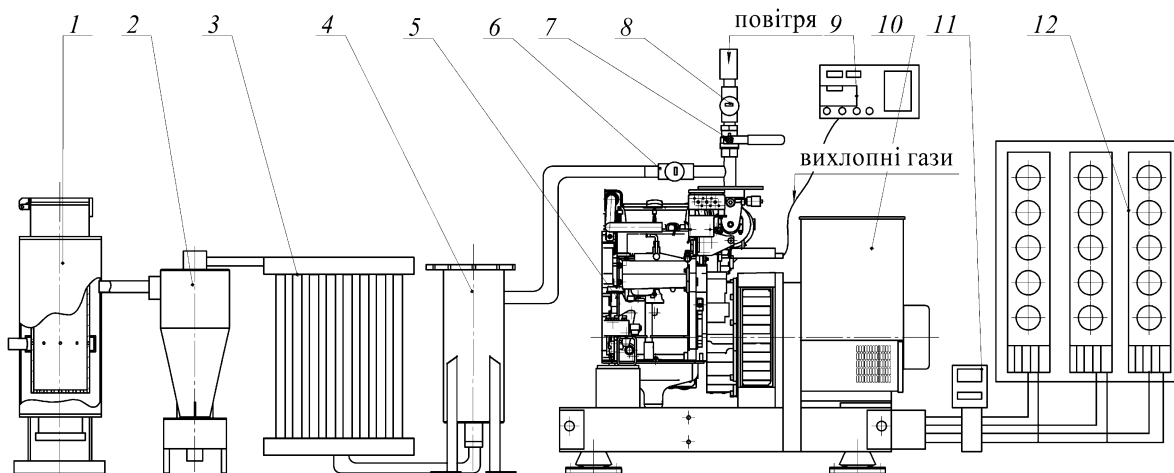


Рис. 4. Установка для експериментальних досліджень щодо виробництва електричної енергії на основі генераторного газу (позначення в тексті)



Рис. 5. Фото установки для експериментальних досліджень щодо виробництва електричної енергії на основі генераторного газу

Стенд для навантаження електростанції складався із трьох блоків, що мали могли змінювати електричну споживану потужність від 0 до 2 кВт із кроком 100 Вт.

## ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ СОРТІВ ВЕРБИ НА РАДІОАКТИВНО ЗАБРУДНЕНИХ ТЕРИТОРІЯХ

*Тетерук О. Р., аспірант,*

*Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ)*

*Тетерук О.О., к.с.-г.н.*

**Вступ.** Менш ніж за три століття, з часів промислової революції, людство використало більше половини викопного палива, яке накопичувалося протягом мільйонів років. Сучасні підходи до використання енергії з викопних видів палива швидко змінюються в сторону використання відновлювальних джерел енергії. Зокрема, йде активний пошук та використання високопродуктивних біоенергетичних культур з метою вирощування біомаси для виробництва твердих видів біопалива у вигляді паливних гранул [1, 2].

Україна може бути абсолютно енергетично незалежною завдяки вирощуванню біоенергетичних культур. Біоенергетичними культурами в майбутньому можна замінити понад 9 млрд. м<sup>3</sup> газу.

Галузь із вирощування енергетичних сільгоспкультур в Україні перебуває в зародковому стані — енергокультурами засаджено майже 4000 га маргінальних земель. Здебільшого це енергетична верба, тополя та міскантус, які дають середню щорічну урожайність 20 т/га.

Проте потенціал галузі колосальний, вона здатна збільшитися у 250 разів. За розрахунками науковців, з 1 млн. га можна зібрати 11,5 млн. т врожаю енергокультур, що здатні замінити 5,5 млрд. м<sup>3</sup> природного газу.

Потенційно енергетичні культури в країні можуть замінити близько 20 млрд. м<sup>3</sup> природного газу або 2/3 потреб країни в газопостачанні [3].

**Мета досліджень.** Визначення біоенергетичних культур, вирощування яких забезпечить найбільшу еколого-енергетичну ефективність на радіоактивно забруднених територіях, що виведені з сільськогосподарського використання.

**Матеріали та методика досліджень.** Стаціонарні дослідження були закладені в селі Христинівка Народицького району Житомирської області на дерново-підзолистому супіщаному ґрунті. Теоретичну та методологічну основу досліджень склали фундаментальні монографічні праці, публікації, наукові доповіді вітчизняних та закордонних вчених присвячені проблемам радіоактивного забруднення сільськогосподарської продукції та заходам щодо зменшення надходження радіонуклідів.

**Результати досліджень.** Енергетична верба сортів Панфілівська та Панфілівська 2 відрізняється від звичайних дерев високим приростом маси, а також невеликими вимогами до ґрунту. Промислове використання практикують з третього року вегетації рослин. Найкращий розвиток вона має на перезволожених ґрунтах за кислотності ґрунту 5,5-7,5 рН. Найсприятливіша ґрунтово-кліматична зона вирощування за 500-700 мм. опадів.

Мінімальна теплота згоряння сухої вербової деревини складає 18,0 МДж/кг, що майже дорівнює аналогічному показнику хвойних порід дерев.

Вербу розмножують вегетативно за допомогою живців від пагонів продуктивних форм верби. Саджанці довжиною приблизно 25-30 см висаджуються на підготовлені площі плантації. Глибина засадження приблизно 25 см — так, щоб вони виступали понад поверхнею ґрунту на 3-5 см, кут засадження 45. Відстань між саджанцями 60-70 см, середня відстань між рядами — 75-100см. На 1 га території висаджують 20-25 тис. живців.

За результатами попередніх досліджень [4-6] встановлено, що для підвищення продуктивності біомаси енергетичної верби, зменшення собівартості отриманої сировини, зменшення забруднення навколишнього середовища та викидів вуглекислого газу в атмосферу важливе значення має правильний підбір сортового матеріалу енергетичної верби, оптимізація та удосконалення елементів технології підготовки ґрунту, садіння живців, технології збирання біомаси (щепи) з урахуванням конкретних ґрунтово-кліматичних і погодних умов різних зон України.

Енергетична верба серед дерев'янистих культур є найбільш придатною сировиною для біоенергетики в багатьох країнах світу з метою виробництва твердих видів біопалива. Пагони верби здатні накопичувати велику кількість біомаси за рахунок фотосинтезу, що відбувається впродовж тривалого періоду – від ранньої весни до пізньої осені.

Проте для того, щоб визначити доцільність використання радіоактивно забруднених територій, що виведені з сільськогосподарського використання, при вирощуванні біоенергетичної верби, необхідно визначити вміст накопичення радіонуклідів в її деревині. Визначним чинником в цьому є біологічні особливості дерев, а саме видові та сортові особливості. В результаті радіологічних досліджень були отримані наступні усереднені дані (табл. 1).



Отримані результати питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  у сухій масі біоенергетичних культур дозволяють їх використовувати у біоенергетиці при виробництві пелет, брикет або при спалюванні тюків, оскільки відповідно до встановлених норм питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  у паливній сировині вони менші за 600 Бк/кг.

Таблиця 1.

**Результати досліджень  $^{137}\text{Cs}$  у сухій масі біоенергетичних культур**

Породи дерев	Щільність забруднення ґрунту, кБк/м <sup>2</sup>	Питома активність, Бк/кг	Коефіцієнт переходу
Верба звичайна	924	196	0,21
Верба <i>Salix viminalis L. сорт Панфілівська 2</i>	923	170	0,18
Верба тритичинкова <i>Salix triandra L. сорт Панфілівська</i>	926	451	0,49

Розрахунок коефіцієнтів переходу  $^{137}\text{Cs}$  у паливній деревині визначив, що найбільше радіонуклід потрапляє до стовбура Верба тритичинкова *Salix triandra L. сорт Панфілівська*.

Верба *Salix viminalis L. сорт Панфілівська 2* має дещо менше накопичення  $^{137}\text{Cs}$ , ніж Верба природна. Це пояснюється темпами росту та розгалуженням відповідних видів, адже саме кора та луб найбільше накопичують радіонукліди.

Тенденції щодо зменшення чи збільшення питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  всіх деревних порід протягом трьох років вирощування відмічено не було.

Крім того, дані деревні породи накопичують й решту металів, таких як стронцій-90, радій-226, калій-40 та торій-232.

**Висновки.** 1. В Україні є значний потенціал для організації енергетичних плантацій, спеціально вирощених біоенергетичних культур на землях, які на даний час не використовуються.

2. Серед широкого спектру різних видів і гібридів енергетичної верби є високопродуктивною верба *Salix viminalis L. сорту Панфілівська 2* та верба тритичинкова *Salix triandra L. сорту Панфілівська*, яку доцільно вирощувати в умовах Житомирського Полісся.

**Список використаних літературних джерел:**

1. Роїк М.В., Гументик М. Я., Мамайсур В.В. Перспективи вирощування енергетичної верби для виробництва біопалива // Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. – Випуск 12. – Київ, 2011. – С. 142-148.
2. Гелетуша Г.Г. Сучасний стан та перспективи розвитку біоенергетики в Україні / Г.Г. Гелетуша, Т.А. Желєзна // Нетрадиционная энергетика. Пром. теплотехника. – №3. – 2010. – С. 73-79.
3. Укрінформ. Біоенергетика – один із шляхів до енергонезалежності України [Електронний ресурс]. – Доступний з <https://www.ukrinform.ua/rubric-presshall/2839645-bioenergetika-odin-iz-slahiv-do-energonezaleznosti-ukraini.html> від 18.12.2019.
4. Фучило Я.Д., Сбитна М.В., Фучило О.Я., Літвін В.М. Створення та вирощування енергетичних плантацій верб і тополь. – Київ: Логос, 2009. – С. 24-25.
5. Кунцьо І.О. Вирощування енергетичної верби як сировини для виробництва твердих видів біопалива в умовах Лісостепу України / І.О. Кунцьо, Я.М. Гументик // Наукові праці ін-ту біоенергетичних культур і цукрових буряків : зб. наук. праць. – К. : ФОП Д.Ю. Корзун. – 2013. – Вип. 19. – С. 59-62.
6. Дебринюк Ю.М. Концептуальні засади плантаційного лісовирощування в Україні / Ю.М. Дебринюк // Наукові праці Лісівничої академії наук України : зб. наук. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2013. – Вип. 11. – С. 25-33.

## СХЕМА ВИРОБНИЦТВА БІОДИЗЕЛЯ ІЗ АГРАРНОГО ВОРОХУ

*Ярош Я.Д., д.т.н.*

*Марчук І.В., студент магістратури, спеціалізація: «Інженерія в переробній галузі»*

*Поліський національний університет*

Ми пропонуємо виробляти біодизель із вороху зернових культур, що показано на рис. 1. За цією схемою, згідно публікацій [1, 2]. Вхідну сировину підготовлюють, висушуючи та очищуючи її. Далі сировину пресують баз нагрівання, отримуючи при цьому олію холодного або першого віджиму. Далі отриману нагрівають макуху та також віджимають і отримують олію гарячого або другого віджиму.

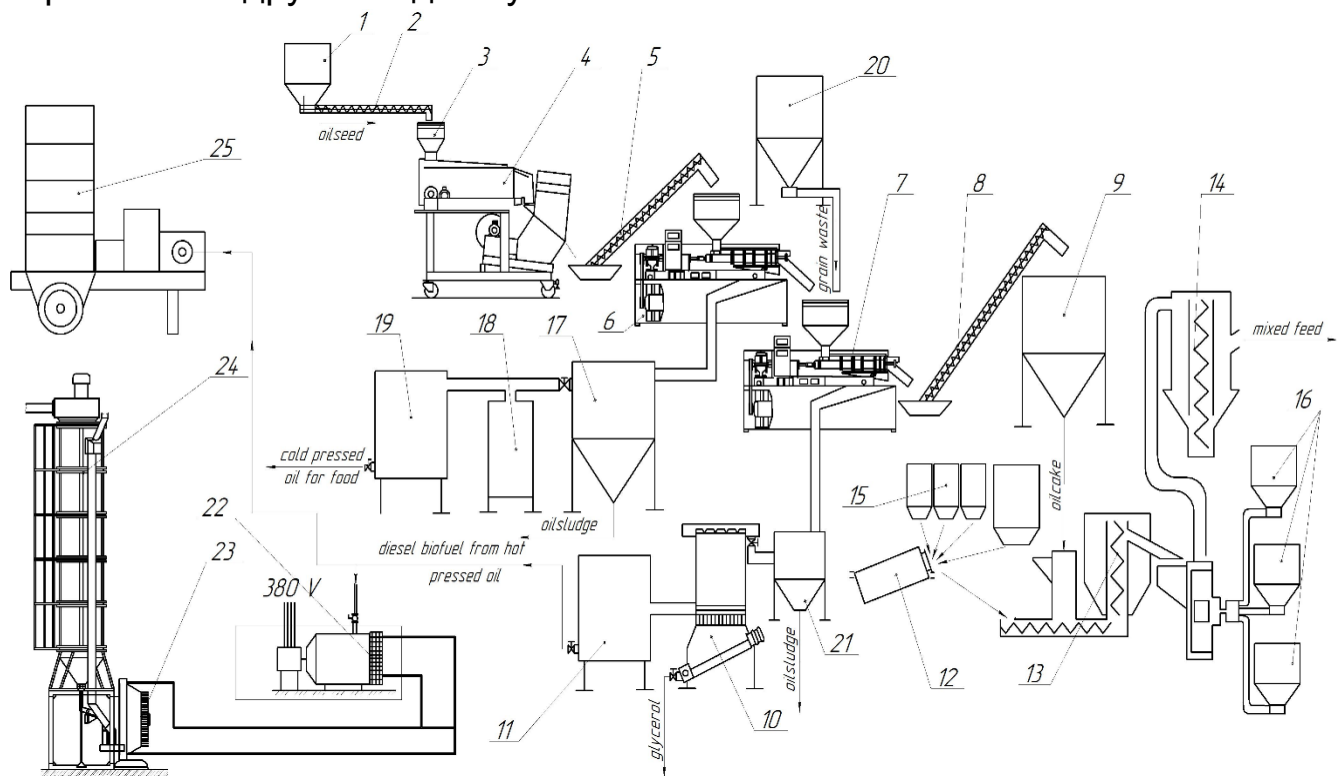


Рис 1. Схема виробництва біодизеля: 1, 3, 9, 16 – накопичувачі для сировини та матеріалів; 2 – транспортер; 4 – зерноочисна машина; 5, 8 – конвеєри; 6, 7 – прес-еструдери; 10 – установка для отримання біодизеля; 11, 15, 19, 20 – накопичувачі для вихідної сировини; 12 – барабанний змішувач; 13, 14 – вертикальний змішувач; 17, 21 – осаджувачі; 18 – фільтр; 22 – електростанція; 23 – теплообмінник; 24 – установка для сушіння зерна; 25 – установка для сушіння зерна пересувна.

Олія першого віджиму підлягає подвійному фільтруванню, відстоюванню, виморожуванню та надходить для харчових цілей.

Олію гарячого віджиму використовують для виробництва біодизеля методом переетерифікації.

Для зниження собівартості виробництва біодизеля ми пропонуємо використовувати в якості додаткової сировини аграрний ворох, наприклад пошкоджене чи не кондиційне зерно. Отримана із такого серна олія не придатна до використання на харчові цілі, проте цілком підходить для виробництва біодизеля. Для цього необхідно очистити ворох, висушити, і відпресувати гарячим способом. Потім отриману олію необхідно відстояти та використати як сировину для виготовлення біодизеля. В процесі виробництва біодизеля в олію додають невелику кількість метилового спирту та для прискорення хімічного процесу додають КОН чи NaOH.

Далі отриманий біодизель очищують шляхом фільтрування та відстоювання і використовують як паливо для сушильних установок чи дизельних двигунів внутрішнього згорання.

Також для визначення необхідної площі для вирощування олійних культур, придатних для виготовлення біодизеля в аграрному підприємстві ми пропонуємо скористатися спеціальною формулою:

$$S_{bd} = \frac{\sum_{k=1}^l n_{bd} v_k - N_{BDW}}{k_{ubd} k_{bd} u_{bd}}, \quad (2.1)$$

де:  $N_{BDW}$  – кількість біодизеля, що отриманий із аграрного вороху; т

$S_{bd}$  – площа для вирощування олійних культур, придатних для виготовлення біодизеля, га;

$u_{bd}$  – середня урожайність олійних культур, придатних для виготовлення біодизеля, т/га;

$n_{bd}$  – норматив витрати палива, т/га, (т/год, т/т);

$l$  – номер виду роботи;

$v_k$  – обсяг виду роботи, га, год, т;

$k_{ubd}$  – коефіцієнт втрат сировини, т/т

$k_{bd}$  – коефіцієнт виробничих втрат; т/т

Використання аграрного вороху в процесі виробництва біодизеля дозволить значно зменшити його собівартість.

#### Список використаних джерел

1. Виробництво і використання біопалив в агроєкосистемах. Механіко-технологічні основи : монографія / Голуб Г.А., Кухарець С.М., Чуба В.В., Марус О.А. Київ : НУБіП України, 2018. 254 с.

2. Ярош Я. Д. Встановлення раціональних параметрів змішувача із дисковою форсункою для отримання дизельного біопалива. Сільськогосподарські машини: зб. нук. ст 2017. Вип. 36. С. 194–203.

## МОНІТОРИНГ СТАНУ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕПЛОВІЗОРА

*Кухарець Савелій,*

*д.т.н., проф.*

*Гнатюк Микола,*

*студент магістратури*

*Шуляк Ольга, Ніколайчук Володимир,*

*студенти бакалаврату*

*Поліський національний університет*

Для інтеграції джерела енергії на основі сонячних панелей електроенергетичну систему, забезпечення надійності генерації електричної енергії, експлуатації та обслуговування фотоелектричної електроенергії є надзвичайно важливим. В процесі експлуатації сонячних електростанцій були розроблені різні методи обстеження та діагностики несправностей. Найпоширеніші методи - візуальний огляд, вимірювання електричних параметрів, електролюмінесценція та інфрачервона термографія. Ці методи поєднуються в оцінці ефективності, яка також аналізує дані моніторингу для досягнення цілісного огляду стану та експлуатації електростанції.

Візуально панелі можуть виглядати абсолютно неушкодженими, проте утворення мікротріщин в кремнієвих комірках мають негативний вплив на роботу фотомодуля (включаючи вигорання в ушкоджених місцях) та всього ряду панелей в цілому.

Типові погрішності фотомодуля:

- виробничі дефекти;
- тріщини в комірках;
- зони короткочасних затінь;
- дефекти байпас (шунтувальних чи обхідних) діодів;
- перегрів контактних пар.

Нами було проведено термографічний аналіз стану сонячних батарей, на які було здійснено мехічний вплив в результаті стихійного лиха. Для моніторингу стану сонячних панелей використовувався тепловізор Testo 871 (рис. 1).



Рис. 1. Моніторинг стану сонячних панелей за допомогою тепловізора

Сонячні панелі, з'єднувались послідовно по 5. До них під'єднувалося навантаження. Далі стан панелей оцінювався за допомогою тепловізора. Було виявлено дефекти наступного зразка. Рис. 2 – клаптевий рисунок, означає, що шунтувальний діод дефектний (викликає короткі замикання і знижує захищеність ланки). Рис. 3 – нагрівання одного чи декількох елементів, означає пошкодження фотоелемента, або дефект при виготовленні.

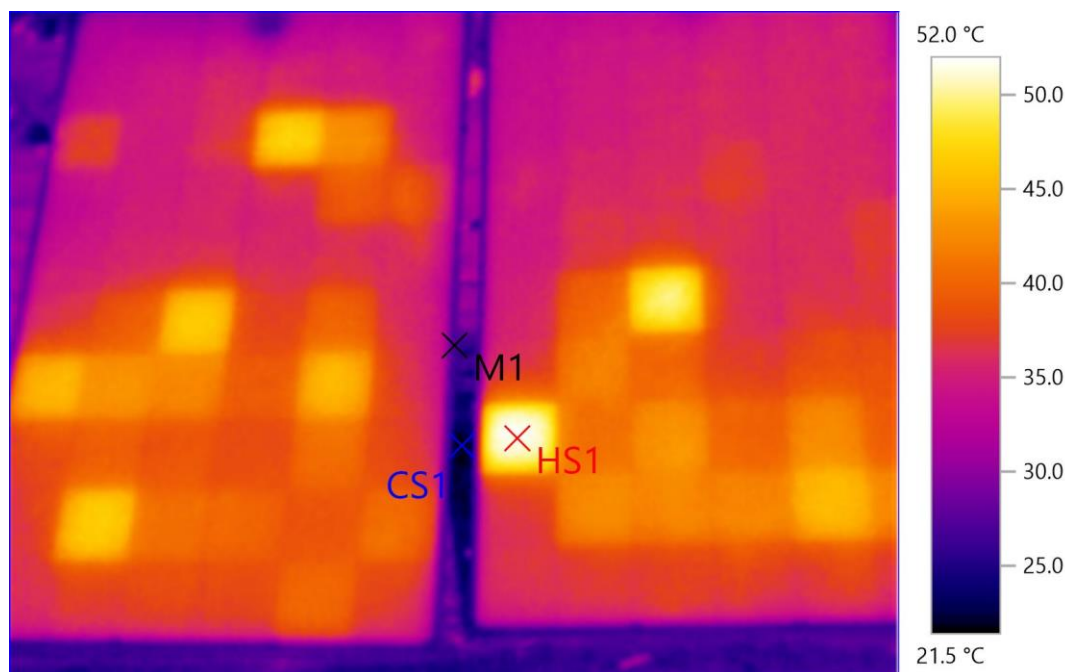


Рис. 2. Клаптевий рисунок

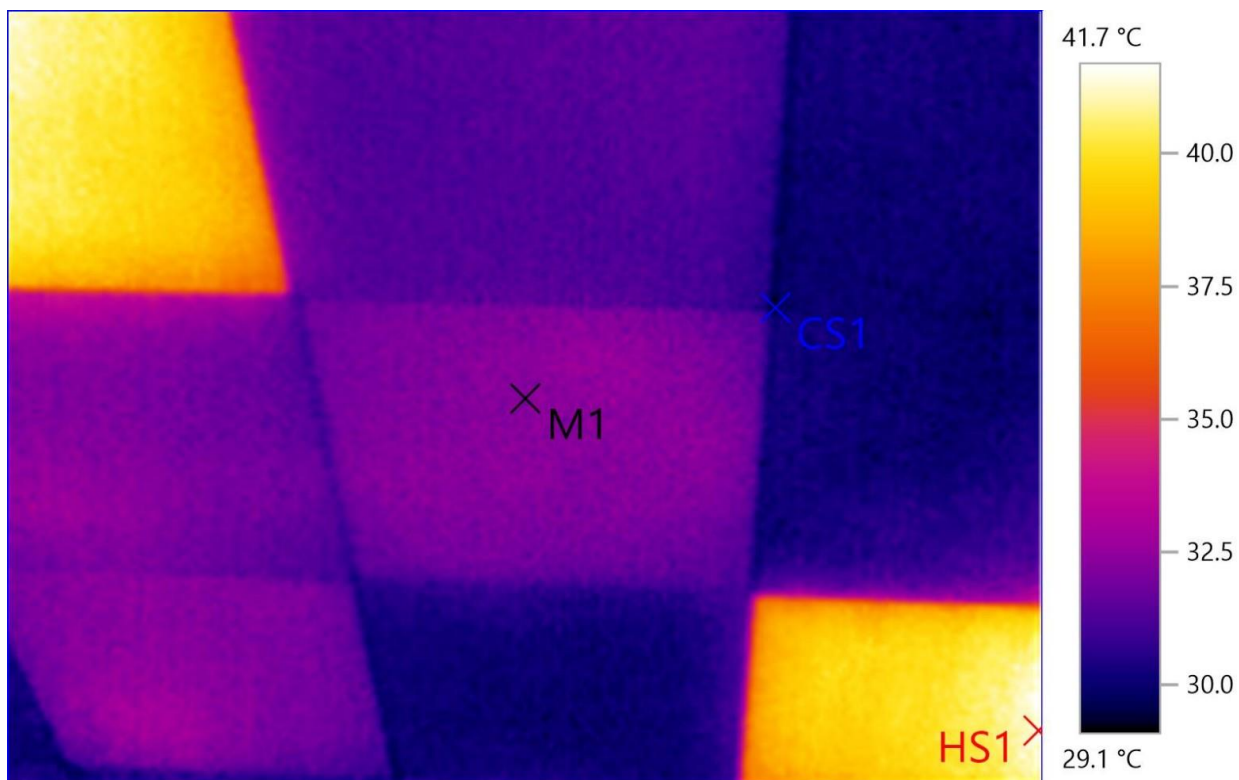


Рис. 3. Нагрівання одного чи декількох елементів

Огляди за допомогою тепловізійної камери - починаючи з контролю якості на етапі встановлення, та продовжуючи проведенням регулярних перевірок - забезпечують повний моніторинг стану системи. Своєчасне виявлення дефектів допоможе зберегти функціональність сонячних панелей і продовжить їх термін експлуатації, що забезпечить безпеку вкладеним інвестиціям.

УДК 65.051

**ПРО РІВНОМІРНО УЗАГАЛЬНЕНО НАПІВНЕПЕРЕРВНІ ФУНКЦІОНАЛИ****Рассадакіна М.В.**

доц., к.ф.-м.н.

Кафедра вищої та прикладної математики

Поліський національний університет

**Вступ.** Методи функціонального аналізу отримали широке застосування в самих різних галузях теоретичної і прикладної математики та дозволили розв'язати ряд важких задач аналізу. Введення поняття узагальнено напівнеперервних функціоналів в деякому смислі узагальнює поняття неперервності.

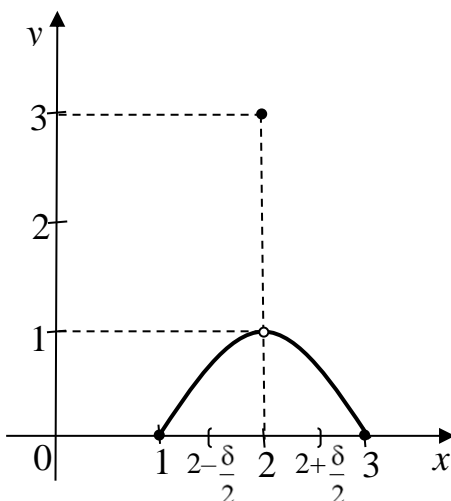
Тому метою дослідження є встановлення критерію рівномірної узагальнено напівнеперервності функціоналу.

В математичному аналізі для неперервних функцій було означення про рівномірну неперервність. Дамо аналогічне означення для нашого функціоналу.

**Основні поняття.**

**Означення 1.** Функціонал  $f(x)$  називається рівномірно узагальнено напівнеперервним на компактi  $K$ , якщо  $\forall \varepsilon > 0 \exists \delta(\varepsilon) > 0 \forall x_1, x_2 \in K: \rho(x_1; x_2) < \delta(\varepsilon) \Rightarrow |f(x_2) - f(x_1)| < \varepsilon$ .

Не можна стверджувати, що якщо функціонал в кожній точці є узагальнено напівнеперервний, то він буде рівномірно узагальнено напівнеперервним.



Мал. 1.

**Приклад 1**

$$f(x) = \begin{cases} -(x-2)^2 + 1 & , \text{ якщо } x \neq 2, \\ 3 & , \text{ якщо } x = 2 \end{cases}$$

визначений на проміжку  $[1; 3]$  (див. мал. 1).

Даний функціонал узагальнено напівнеперервний в кожній точці проміжку  $[1; 3]$ .

Припустимо  $f(x)$  рівномірно узагальнено напівнеперервний функціонал. Візьмемо  $\forall \varepsilon = 1$ . для нього повинно  $\exists \delta(\varepsilon) > 0$ .

Зафіксуємо інтервал  $\left(2 - \frac{\delta}{2}; 2 + \frac{\delta}{2}\right)$ . Для  $\forall \varepsilon > 0$



$\exists \delta(\varepsilon) > 0 \forall x_1, x_2 \in \left(2 - \frac{\delta}{2}; 2 + \frac{\delta}{2}\right): \rho(x_1; x_2) < \delta$ . Нехай  $x_1 \neq 2, x_2 = 2$ . Тоді  $\rho(x_1; 2) < \delta$ .

Але  $|f(x_1)| < 1, |f(x_2)| = 3$ , тому нерівність невірна.

$$|f(2)| < |f(x_1)| + \varepsilon \quad (3 < 1 + 1)$$

Отже, функціонал  $f(x)$  не є рівномірно узагальнено напівнеперервним на  $[1; 3]$ .

**Теорема 1.** Якщо  $f(x)$  рівномірно неперервний функціонал на компактi  $K$ , то  $f(x)$  рівномірно узагальнено напівнеперервний на  $K$ .

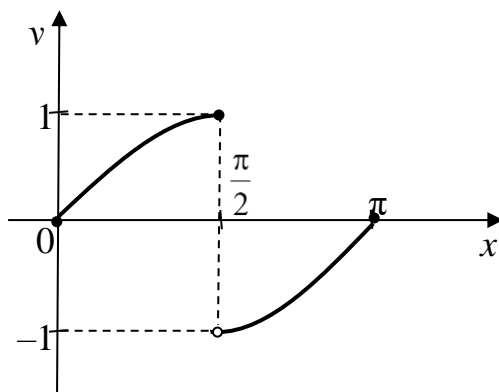
**Теорема 2.** Для того, щоб  $f(x)$  був рівномірно узагальнено напівнеперервним на компактi  $K$ , необхідно і достатньо, щоб  $|f(x)|$  був рівномірно неперервним на  $K$ .

**Зауваження:** З рівномірної узагальнено напівнеперервності не впливає неперервність функціоналу.

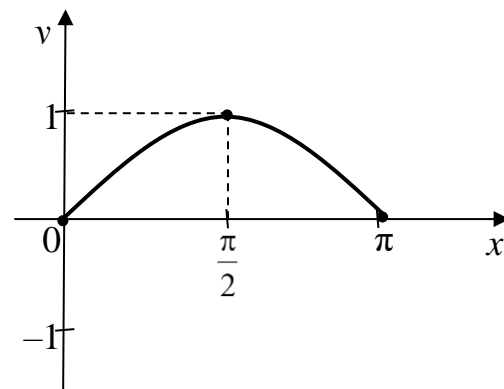
**Приклад 2**

$$f(x) = \begin{cases} \sin x, & 0 \leq x \leq \frac{\pi}{2}, \\ -\sin x, & \frac{\pi}{2} < x \leq \pi. \end{cases}$$

Оскільки  $|f(x)| = \sin x$  є рівномірно узагальнено напівнеперервним на проміжку  $[0; \pi]$ , то за теоремою 12  $f(x)$  є узагальнено напівнеперервним функціоналом. Але  $f(x)$  не є неперервним, бо має точку розриву  $x = \frac{\pi}{2}$  (див.



Мал. 2а.



Мал. 2б.

відповідно мал. 2а, б).

**Висновки.** Отже, встановлено зв'язок між рівномірною узагальнено напівнеперервністю функціонала  $f(x)$  та рівномірною неперервністю функціонала  $|f(x)|$  на компактi  $K$ .

Також було досліджено, якщо функціонал в кожній точці є узагальнено напівнеперервний, то це не є достатньою ознакою рівномірної

узагальнено напівнеперервності. Та з рівномірної узагальнено напівнеперервності не впливає неперервність самого функціоналу.

### Список використаних джерел

1. Колмогоров А.М., Фомін С.В. Елементи теорії функції і функціонального аналізу. К.: Вища школа, 1974. 456с.
2. Стьопочкіна М.В. Узагальнено-напівнеперервні функціонали. *Підприємництво: проблеми ставлення та функціонування*. 2003. №3. С. 114-117.
3. Таргонський Л.П., Ільчук О.І. Властивості одного класу функціоналів. *Вісник Житомирського педагогічного університету*. 2003. №11. С. 222–225.
4. Рассадкіна М.В. Перевірка арифметичних властивостей узагальнено напівнеперервних функціоналів «*Наукові читання – 2018*»: збірник доповідей конференції факультету інженерії та енергетики ЖНАЕУ. Житомир: ЖНАЕУ, 2018. С. 68-70.
5. Рассадкіна М.В. Теорема Веєрштраса для узагальнено напівнеперервних функціоналів / М.В. Рассадкіна // II міжнародна науково-практична конференція «Біоенергетичні системи в агропромисловому виробництві»: збірник доповідей (Житомир: 15-16 листопада, 2018). – Житомир: Вид-во ЖНАЕУ, 2018. – С. 79-81.

УДК 519.214

## ПРО ТОЧНІСТЬ НОРМАЛЬНОЇ АПРОКСИМАЦІЇ ОЦІНКИ НАЙМЕНШИХ КВАДРАТІВ ДЛЯ СЛАБО АСОЦІЙОВАНИХ ВИПАДКОВИХ ПОЛІВ

**Т.Л. Коваль, к.ф.-м.н.**

*Поліський національний університет*

Розглянемо схему лінійної регресії  $\xi(t) = \sum_{k=1}^q \varphi_k(t) \theta_k + \varepsilon(t)$

де  $\varepsilon(t): Z^d \rightarrow R^1$  випадкове поле з нульовим середнім,  $\theta = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q)$  невідомий параметр,  $\varphi_k(t): Z^d \rightarrow R$ ,  $k=1, 2, \dots, q$  відомі функції. Оцінка найменших квадратів параметра  $\theta$  має вигляд

$$\hat{\theta}_n = V_n^{-1} \cdot \sum_{t \in A_n} \varphi(t) \xi(t), \quad A_n \subset Z^d$$

$$V_n = \left( \sum_{t \in A_n} \varphi_k(t) \cdot \varphi_j(t) \right)_{k, j=1, \dots, q}, \quad \varphi(t) = (\varphi_1(t) \dots \varphi_q(t))^T$$

Очевидно, що  $\hat{\theta}_n$  є незміщеною оцінкою для  $\theta$ .

Нехай в  $Z^d$  виділена деяка система обмежених, зростаючих множин  $A_n$ . Задача полягає у тому, щоб за даними спостережень випадкового поля  $\xi_j$  на множинах  $A_n$ , оцінити невідомий параметр  $\theta$ .

Скінченна множина випадкових величин  $\xi = (\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n)$  називається асоційованою [1,2], якщо для довільних двох покоординатно неспадних функцій  $f, g: R^m \rightarrow R^1$  таких, що  $Ef(\xi)g(\xi)$ ,  $Ef(\xi)$ ,  $Eg(\xi)$  скінченні, виконується умова:  $\text{cov}[f(\xi)g(\xi)] \geq 0$ .

Нескінченна множина випадкових величин називається асоційованим полем, якщо будь яка його скінченна підмножина є асоційованою.

Нехай  $M(n)$  клас покоординатно обмежених неспадних борелівських функцій, визначених на  $R^n$  та приймаючих значення на множині дійсних чисел. Для скінченої множини  $U$  її потужність будемо позначати  $|U|$ .

Скінченна множина випадкових величин  $\xi = (\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n)$  називається слабо асоційованою або додатньо асоційованою, якщо для довільних неперетинаючихся множин  $I, J \subset T$  та довільних функцій  $f \in M(|I|)$ ,  $g \in M(|J|)$  виконується нерівність  $\text{cov}(f(\xi_I), g(\xi_J)) \geq 0$

Нескінченна множина випадкових величин називається слабо асоційованим полем, якщо будь яка його скінченна підмножина є додатньо асоційованою.

Введемо матричну міру  $\mu_n(d\lambda)$  на  $([-\pi, \pi]^d, B^d)$  з матрицею щільності  $(\mu_{rj}^1(\lambda))_{r,j=1,\bar{d}}$  де

$$\mu_{rj}^n(d\lambda) = \varphi_{jn}(\lambda) \left( \int_{[-\pi, \pi]^d} |\varphi_{jn}(\lambda)|^2 d\lambda \cdot \int_{[-\pi, \pi]^d} |\varphi_m(\lambda)|^2 d\lambda \right)^{-\frac{1}{2}}$$

$$\varphi_{jn}(\lambda) = \sum_{t \in A_n} e^{i(\lambda t)} \varphi_j(t), \quad r, j = 1, 2, \dots, q, \quad [-\pi, \pi]^d \subset Z^d$$

$B^d$  –  $\sigma$  – алгебра борелівських підмножин.

Позначимо

$$\sigma_n^2 = V_n^{-1} \cdot \sum_{t,s \in A_n} B(t,s) \cdot \varphi(t) \cdot \varphi^T(s) \cdot V_n^{-1}$$

$$d_n^2 = \text{diag} (d_i^2(t))_{i=1,\bar{q}}, \quad d_i^2(t) = \sum_{t \in A_n} \varphi_i^2(t)$$

$$B_n = R^{-1} \cdot d_n \cdot \sigma_n^2 \cdot d_n \cdot R^{-1}, \quad \|B\| = \max_{1 \leq i \leq q} \sum_{j=1} |b_{ij}|$$

$$B = (b_{ij})_{i,j=1,\bar{q}}, \quad R^2 = \lim_{n \rightarrow \infty} d_n \cdot \sigma_n^2 \cdot d_n$$

Введемо ще деякі поняття. Функція  $L: R_+^d \rightarrow R \setminus \{0\}$  називається такою, що повільно змінюється ( на нескінченності), якщо для будь-якого  $a > 0$  виконується умова  $\frac{L(ax)}{L(x)} \rightarrow 1, U_n \rightarrow \infty$

Позначимо  $\mathfrak{L}$  – клас функцій, що повільно змінюються . Будемо писати  $L \in \mathfrak{L}$ . Нехай  $\xi = \{\xi_j, j \in Z^d\}$  центроване випадкове поле та  $E \xi_j^2 < \infty$  для усіх  $j \in R^d$  . Позначимо  $K_\xi(n) = \sum_{j \in U_n} \text{cov}(\xi_0, \xi_j), n \in N$

Функцію  $L: R_+^d \rightarrow R \setminus \{0\}$  називають дуже повільно змінюючоюся, якщо для будь-якого  $a > 0$  виконується умова

$$\frac{L(x^{1+a})}{L(x)} \rightarrow 1, \quad U_n \rightarrow \infty.$$

Позначимо  $L_s$  клас неспадних, дуже повільно змінюючихся функцій на  $R^d$

Центральна гранична теорема для оцінок  $\hat{\theta}_n$  встановлена у роботі [4], див. також [3].

**Т е о р е м а.** Нехай  $\varepsilon(t)$  – однорідне випадкове поле додатньо асоційованих випадкових величин з нульовим середнім задовольняє наступним умовам:

- 1)  $\sup_j E |\varepsilon_j|^s < \infty$  для деякого  $s \in (2,3]$ ;
- 2)  $u(n) = o(e^{-\lambda n}), n \rightarrow \infty$  для деякого  $\lambda > 0$ ;

$$3) \quad K_x(n) \sim L(n), \quad L \in \mathbf{L}$$

$$4) \quad \varphi_j \geq 0, \quad \sup_j \frac{\varphi_j}{d_n} \leq \frac{K}{|A_n|^{\frac{1}{2}}};$$

$$5) \quad \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\sigma_n^2}{d_n^2} = \sigma_0^2.$$

Тоді виконується нерівність

$$\sup_x \left| P\left(d_n(\hat{\theta}_n - \theta) < x\right) - \varphi(x) \right| \leq B \left( (\ln |A_n|)^{d(s-1)} |A_n|^{-s+\gamma} + \left| 1 - \frac{\sigma_n^2}{d_n^2 \sigma_0^2} \right| \right)$$

де  $B$  додатна константа, що залежить від  $|A_n|$ ,  $\gamma > \frac{1}{s+1} + \frac{\lambda+d}{ds(s-2)}$ ,

$$u(n) = \sup_{j \in \mathbb{Z}^d} \sum_{q \in \mathbb{Z}^d, |q-j| \geq n} \text{cov}(\varepsilon_j, \varepsilon_q), \quad |y| = \max_{1 \leq k \leq d} |y_k| \quad \text{для } y \in \mathbb{R}^d, \quad |A_n| \text{ кількість точок в } A_n$$

,  $\varphi(x)$  функція розподілу нормального закону з  $N(0, \sigma_0^2)$

При доведенні теореми використовується метод характеристичних функцій.

Список використаних джерел:

1. Esary J., Proshcan F., Walkup D. Association of random variables with application. Ann.Math.Statist. 1967.Т. 38, N4. P. 1466-1474.
2. Goldstein L. Berry-Esseen bounds for combinatorial central limit theorems and pattern occurrences, using zero and size biasing// J Appl. Probab., 2005,42,3, pp 561-583.
3. Коваль Т. Л. Асимптотична нормальність оцінки коефіцієнта регресії випадкового поля, що задовольняє FKG – нерівностям. Передові техн. вир-ва та переробки сільськогосп. продукції, енергозбереження та забезпечення тепловою й електричною енергією. Перспективи та проблеми впровадження в сільське господарство Полісся. Зб. доп. VI наук. –техн. конф. наук. –пед. працівн., мол. вчен., студ., асп., маг., студ. інж. – техн. фак. ЖНАЕУ, 24 лист. 2016. Житомир: ЖНАЕУ, 2016. С. 42–48.
4. Коваль Т.Л. Центральна гранична теорема для слабо асоційованих випадкових полів. Наукові читання. Матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики, ПНУ, 5-6 бер. 2020. Житомир: ПНУ, 2020. С. 32-34.

## МОНІТОРИНГ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ

**Соколовський О. Ф.**

*к.т.н.*

**Поліщук П. А.**

*студент*

*кафедра електрифікації,  
автоматизації виробництва  
та інженерної екології*

*Поліський національний університет*

**Вступ.** Нинішній етап економічного розвитку вимагає використання сучасних сервісних функцій, які повинні забезпечувати необхідні технологічні параметри, надійність та енергоефективність альтернативних джерел. Застосування спеціалізованих програмних продуктів дозволить вчасно виявити потенційні проблеми та забезпечити безперебійну роботу на протязі всього терміну експлуатації установки.

**Матеріал досліджень.** Більшістю світових виробників сонячних інверторів розроблені спеціалізовані он-лайн ресурси, які дозволяють швидко та просто визначати склад системи, проводити діагностику сонячної електростанції, здійснювати аналіз і порівняння даних в режимі реального часу та презентувати дані в зручному форматі. Запорукою успішної експлуатації фотоелектричної системи є визначення оптимальної конфігурації з врахуванням географічного розташування, орієнтації та кута нахилу панелей, типу розміщення (наземне чи дахове), затінення, властивостей обладнання (*Delucchi, 2011; Kovalev, 2015; Robert, 2017*).

Обов'язковою умовою для отримання розширеного гарантійного обслуговування є реєстрація сонячної станції на інтернет-ресурсі виробника. Найбільш популярними серед інсталляторів є програми Solar Web (Fronius), Sunny Portal (SMA), Solar Edge Monitoring Portal (Solar Edge), Aurora Vision (ABB), Kostal Demo Piko (Kostal), NetEco (Huawei) тощо. Зокрема, компанія Fronius, за умови реєстрації інвертора на спеціалізованому сайті та підключенні до моніторингу, надає розширену міжнародну гарантію на 7 років, стандартна гарантія – 5 років (*Fronius, 2019*).

Платформа управління Aurora Vision – це хмарна технологія, що використовується для розширення можливостей моніторингу сонячних електростанцій з інверторами ABB. Aurora Vision пропонує декілька

способів контролю та керування. Plant Viewer – простий браузер для перегляду інформації за допомогою мобільних пристроїв на базі IOS, Android (*Plant Viewer*, 2020). Plant Portfolio Manager – середовище, що використовується операторами та інсталяторами для моніторингу та управління портфоліо сонячної електростанції з комп'ютера чи ноутбука (*Plant Portfolio Manager*, 2020).

За допомогою Plant Portfolio Manager зручно аналізувати параметри на виході інвертора з метою подальшого визначення стану мережі особливо на початковій стадії експлуатації установки. У випадку значного зростання напруги, яке супроводжується обмеженням потужності інвертора, необхідно вжити заходів щодо зменшення опору петлі "фаза-нуль" або зниження вихідної напруги силового трансформатора. На рисунку 1 зображено графік виробленої енергії під час роботи інвертора на мережу з підвищеним опором.

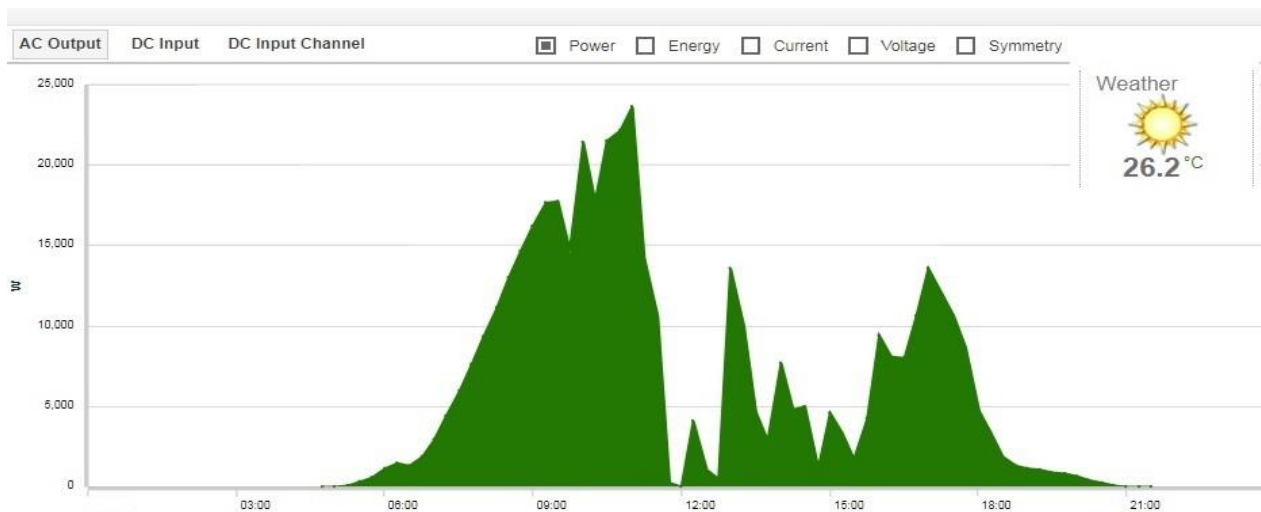
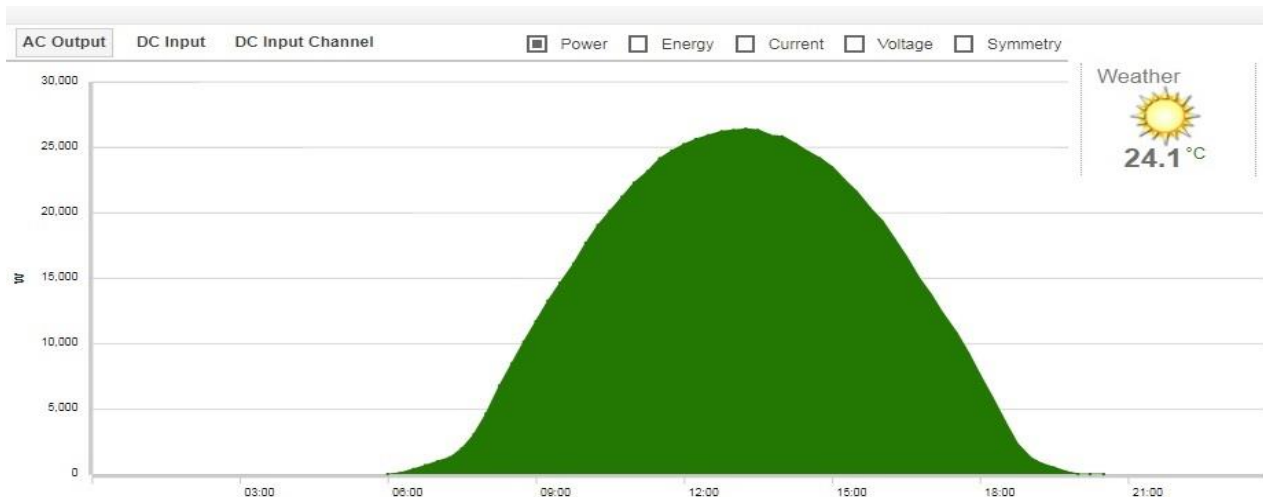


Рис. 2. Графік продуктивності в умовах підвищеного опору мережі

За допомогою віддаленого моніторингу вдалося встановити причину низької продуктивності установки та аргументувати необхідність покращення параметрів мережі у зверненні до енергопостачальної організації. На рисунку 2 зображено графік продуктивності установки після усунення несправностей на ділянці інвертор – трансформатор.

Plant Portfolio Manager включає всі інструменти, необхідні для налаштування, встановлення, функціонування та адміністрування портфоліо сонячної електростанції, включаючи контроль інверторів, реєстраторів, метеостанцій та датчиків, управління акаунтами, інструменти усунення несправностей та звітність. Оператори та інвестори можуть застосовувати засоби віддаленої діагностики, спільно вирішувати

проблеми сонячної електростанції, одночасно зменшуючи необхідність віддалених відвідувань. Також налаштування забезпечують власникам можливість приватного моніторингу. Це дозволяє здійснювати адміністрування станції без стороннього втручання.



**Рис. 2. Графік продуктивності після налаштування мережі**

Для реалізації моніторингу Aurora Vision застосовують модулі VSN300 для малих станцій та VSN700 для промислових об'єктів. Зокрема, плата VSN300 може працювати в двох режимах. Access Point Mode передбачає тільки локальний моніторинг. У цьому випадку плата функціонує як точка доступу, до якої користувач може підключитися локально. Station Mode (режим станції) забезпечує локальний та віддалений моніторинг.

Загалом користувачі Aurora Vision можуть ділитися із співробітниками та бізнес-партнерами ключовими інструментами, необхідними для управління сонячною енергією, включаючи адміністрування активів, перегляд стану пристроїв, огляд операційних проблем, доступ до звітів клієнтами та відділами технічної підтримки. Усі продукти Aurora Vision повністю інтегровані, щоб працювати синхронно та надавати зацікавленим сторонам необхідну інформацію. Моніторинг з браузера та мобільних пристроїв виконується безкоштовно для всіх зареєстрованих інверторів АВВ. Підключення до мережі Інтернет виконується за допомогою бездротового підключення WLAN. Підтримуються стандарти IEEE 802.11b/g/n (2,4 ГГц), Modbus, TCP (SCADA), SunSpec.

**Висновки.** Можливості сучасного моніторингу дозволяють здійснювати повноцінну діагностику станції на протязі всього терміну експлуатації та оперативно реагувати на виникнення позаштатних режимів. Застосування спеціалізованих он-лайн ресурсів дозволяє



інсталляторам вирішувати повсякденні задачі, допомагає вчасно виявляти помилки та забезпечує безвідмовну роботу установки.

### Список використаних джерел

1. Fronius. *Solar energy*: веб-сайт. URL: <https://www.fronius.com/en> (дата звернення: 03.02.2020)
2. Delucchi M., Jacobson M. Providing all global energy with wind, water, and solar power: Reliability, system and transmission costs, and policies. *Energy Policy*. 2011. Part 2, P. 1170–1190. DOI: 10.1016/j.enpol.2010.11.045.
3. Ковальов О.В., Ратушний О.В. Альтернативні джерела енергії України. Суми, 2015. 201 с.
4. Plant Portfolio Manager. *Solar energy*: веб-сайт. URL: <https://www.auroravision.net/dash/home.jsf> (дата звернення: 11.02.2020)
5. Plant Viewer. *Solar energy*: веб-сайт. URL: <https://easyview.auroravision.net/easyview/#home> (дата звернення: 12.02.2020)
6. Robert L., Michael E. The impacts of storing solar energy in the home to reduce reliance on the utility. *Nature Energy*. 2017. Vol. 2, Article number: 17001. DOI: 10.1038/nenergy.2017.1.

## ЗАСОБИ ПРОЕКТУВАННЯ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

**Соколовський О. Ф.**

*к.т.н.*

**Бондарчук В. В.**

*студент*

*кафедра електрифікації,  
автоматизації виробництва  
та інженерної екології*

*Поліський національний університет*

**Вступ.** Проектування сучасних систем пов'язаний з низкою вимог, що підпорядковуються особливостям технологічного процесу. Реалізація відповідних задач неможлива без проведення комп'ютерного моделювання, оцінки енергетичних показників установки за допомогою спеціалізованих прикладних програм.

**Матеріал досліджень.** Засоби моделювання фотоелектричних станцій мають інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, що дозволяє без особливих проблем освоїти програмний продукт будь-якого з виробників інверторного обладнання. Зокрема, інструмент конфігурації Solarconfigurator – це безкоштовний веб-ресурс, який дозволяє проектувальникам визначити оптимальні параметри стрінгів фотоелектричних модулів для інверторів компанії (*Fronius, 2020*). На початку роботи необхідно вказати країну розташування для отримання модельного ряду інверторів відповідно до експортної політики компанії. Дотримання допустимої величини напруги в колі постійного струму забезпечується вибором нижньої межі температурного діапазону, за якого буде експлуатуватись майбутня система. Програма автоматично вишукує з власної бази параметри фотоелектричного перетворювача, вказаного користувачем, та розраховує всі можливі конфігурації системи для конкретного інвертора.

На рисунку 1 зображено результати моделювання системи з інвертором ECO 27,0-3-S (*Fronius, 2020*) та панелями SYP-320S (*Risen Energy, 2020*) в середовищі Solarconfigurator. Так, в одному з варіантів конфігурації майбутньої системи програма пропонує застосувати 114 панелей, розподілених на шість стрінгів та рівномірно приєднаних до наявного трекара. За необхідності отриману інформацію можна зберегти у зручному форматі для подальшого використання.

The screenshot shows the 'Fronius SOLAR.CONFIGURATOR 4.0' interface. It is divided into three main sections: PV MODULE, INVERTER, and GENERAL.

- PV MODULE:**
  - Manufacturer: Risen Energy Co. Ltd.
  - Model: SYP320S (07.2019)
  - Number of PV modules (#1 & #2 & #3): 0, 0, 0
  - Module temperature (min. - max. / °C): -9, 68
  - Sizing options table:

76	80	95	100	114
24.32 kWp	25.60 kWp	30.40 kWp	32.00 kWp	36.48 kWp
IR=88%	IR=93%	IR=110%	IR=116%	IR=133%
SL=35%	SL=35%	SL=35%	SL=35%	SL=35%
OCL=6%	OCL=5%	OCL=5%	OCL=4%	OCL=4%
PV1: 4 x 19	PV1: 4 x 20	PV1: 5 x 19	PV1: 5 x 20	PV1: 6 x 19
- INVERTER:**
  - Country: Ukraine
  - Series: ECO
  - Type: ECO 27.0-3-S
  - Inverter ratio (min. - max. / %): 80, 150
- GENERAL:**
  - Project name: 2020-02-10\_1455
  - Storage: Without
  - Annual power consumption (kWh): 4000
  - Load profile: Employed

Рис. 1. Конфігурація системи в середовищі Solarconfigurator

На рисунку 2 розглянуто приклад конфігурації системи у середовищі Design з фотомодулями двох виробників (*Ginlong*, 2020). Такий підхід актуальний для поетапного введення установки в експлуатацію. Так, на першому етапі застосовано панелі STP-320S (*Suntech*, 2020). Наступний крок передбачає використання сонячних батарей JAM6 60-270 (*Jasolar*, 2020). Розподіл кількості панелей за наявними трекерами може відрізнитись, що підтверджується результатами моделювання.

The screenshot shows the 'Ginlong Solis Design' interface. It displays configuration for four MPPT trackers (MPPT-1 to MPPT-4) and a summary of system parameters.

- MPPT Configuration:**
  - MPPT-1: Manufacturer JA Solis, Module Type JAM6, Tiilt angle 34, Azimuth angle 0, Number of Strings 2, Number of Modules Per String 17.
  - MPPT-2: Manufacturer Suntec, Module Type STP32, Tiilt angle 34, Azimuth angle 0, Number of Strings 2, Number of Modules Per String 17.
  - MPPT-3: Manufacturer JA Solis, Module Type JAM6, Tiilt angle 34, Azimuth angle 0, Number of Strings 2, Number of Modules Per String 14.
  - MPPT-4: Manufacturer JA Solis, Module Type JAM6, Tiilt angle 34, Azimuth angle 0, Number of Strings 2, Number of Modules Per String 14.
- System Parameters:**
  - MPPT-3:** Vmpp[V] 431, Imp[A] 16.88, Voc [V] 611, Power[W] 7280.
  - MPPT-4:** Vmpp[V] 431, Imp[A] 16.88, Voc [V] 611, Power[W] 7280.
  - Total:** Max Allowed PV Power [W] 34000, Max Allowed AC Power [W] 33000, Total Quantity of PV-module 124, Module Area [m²] 213.14, DC input power [W] 34280, DC input power/Rated DC Power [%] 112.32.

Рис. 2. Конфігурація системи в середовищі Design

Визначальними факторами для отримання максимальної продуктивності є кут нахилу та орієнтація модулів (*Calcabrini, 2019*). На рисунку 3 зображено результати розрахунків установки із встановленою потужністю фотомодулів 33 кВт, зорієнтованих на південь та кутом нахилу до горизонталі 30 градусів (*Atmosfera, 2020*). На рисунку:  $W_n$ ,  $W_e$  – відповідно графік витрат на потреби домогосподарства та графік виробленої електроенергії. За календарний рік станція здатна виробити понад 34000 кВт-год електричної енергії. Річна економія коштів на власне споживання становитиме понад 2000 грн.

Графік виробленої енергії за календарний рік апроксимується рівнянням:

$$W_r = 0,091 t^5 + 1,665 t^4 - 79,61 t^3 + 610,5 t^2 - 651,3 t + 1047$$

Достовірність апроксимації:

$$R^2 = 0,992$$

Вартість електроенергії, реалізованої за зеленим тарифом, складе 150000 грн. Економія щорічно зростатиме на 9,45 % відносно попереднього періоду з врахуванням деградації модуля в межах 0,5 % та прогнозованого зростання вартості електроенергії на 10 %.

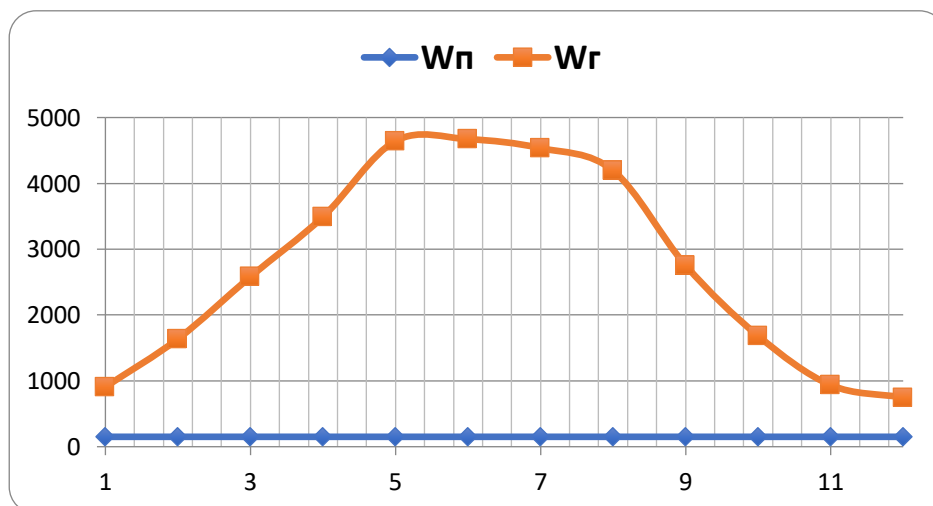


Рис. 3. Показники сонячної електростанції потужністю 33 кВт

**Висновки.** Застосування спеціалізованих он-лайн ресурсів створює передумови визначення оптимальної конфігурації майбутньої системи,

дозволяє інсталляторам вирішувати повсякденні задачі, допомагає вчасно виявляти помилки та забезпечує безвідмовну роботу установки. Якісний сервіс об'єктів розподіленої генерації зменшує кількість аварійних режимів в мережах, що сприяє надійності електропостачання споживачів в цілому.

### Список використаних джерел

1. Атмосфера. *Калькулятор:* веб-сайт. URL: <https://www.atmosfera.ua/uk/sonyachni-elektrostantsii/kalkulyator-sonyachnoi-elektrostantsii/> (дата звернення: 20.02.2020)
2. Fronius. *Solar energy:* веб-сайт. URL: <https://www.fronius.com/en> (дата звернення: 14.02.2020)
3. Ginlong. *Solar energy:* веб-сайт. URL: <https://design.ginlong.com/solardesign/project/edit> (дата звернення: 12.02.2020)
4. Calcabrini A., Ziar H, Isabella O., Zeman M. A simplified skyline-based method for estimating the annual solar energy potential in urban environments. *Nature Energy*. 2019. Vol. 4, P. 206–215. DOI: 10.1038/s41560-018-0318-6.
5. Risen. *Solar energy:* веб-сайт. URL: <https://risenenergy.com> (дата звернення: 17.02.2020)
6. Suntech. *Solar energy:* веб-сайт. URL: <https://suntech-power.com> (дата звернення: 17.02.2020)
7. Jasolar. *Solar energy:* веб-сайт. URL: <https://jasolar.com> (дата звернення: 11.02.2020)

## **ВСТАНОВЛЕННЯ СУЧАСНИХ ЕЛЕКТРОФІЛЬТРІВ НА ТЕС ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ВИКИДІВ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН У ПОВІТРЯ**

*Нікуленкова Т. В., к.т.н., доцент кафедри теплоенергетичних  
установок теплових та атомних електростанцій*

*Азаров М. В., студент 4 курсу кафедри теплоенергетичних установок  
теплових та атомних електростанцій*

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний  
інститут імені Ігоря Сікорського»*

Сучасна теплоенергетика потерпає від величезної кількості питань щодо ефективності виробництва, раціональності використання паливних ресурсів та енергогенеруючих потужностей. Нестача фінансових можливостей для модернізації експлуатуючого обладнання обмежують розвиток теплоенергетики в Україні. Водночас, вступ до ЄС є своєрідним поштовхом для пошуку нових рішень актуальних питань сьогодення, переорієнтування об'єднаної енергетичної системи, додаткового інвестування енергетичної промисловості.

Особливого значення та актуальності за останні роки набули проблеми пов'язані з кількістю шкідливих викидів в атмосферу. Такі викиди провокують збільшення температури атмосфери, парниковий ефект та, як наслідок, глобальне потепління.

Теплові електричні станції (далі ТЕС) є важливою частиною енергосистеми України: за даними Міністерства енергетики та захисту довкілля [1], вони виробили 36,2 % електроенергії у 2019 році. Якість очищення димових газів та продуктів згоряння на ТЕС є чи не найважливішою ознакою ефективності роботи станції в цілому. Крім того, викиди золи шкодять станції безпосередньо: пришвидшують корозію металів і підвищують швидкість зношення обладнання.

Українські ТЕС поступово переоснащуються: з огляду на сучасні вимоги до промисловості найшвидше на станціях замінюють саме відпрацьоване очисне обладнання. Першими таких модернізацій зазнали Бурштинська ТЕС, Трипільська ТЕС та Київська ТЕЦ-5.

Серед очисних споруд та систем, з огляду на коефіцієнт корисної дії та ступінь фільтрації, найвищою ефективністю очищення характеризуються сучасні електрофільтри (табл. 1).

Таблиця 1

**Ефективність очищення газових викидів на ТЕС [2]**

Пристрої	Розмір часток, мм	Ефективність очищення, %
Осаджувальна камера	100	40-50
Циклон	30	50-60
Мультициклон	10-15	90-95
Скрубер	0,5	75-85
Електрофільтр	0,1	95-99

Після переоснащення зношеного парку електрофільтрів Бурштинської ТЕС на сучасні, очищені димові гази на станції відповідають всім екологічним нормам та європейським стандартам [3]. Бурштинська ТЕС є одним з підприємств, де відбулась заміна фільтруючого обладнання і це стало поштовхом для нових інвестицій та можливостей переоснащення.

Водночас, важливими є і недоліки таких переоснащень. Електрофільтри – це вартісне, габаритне і металоемке обладнання. На сьогоднішній день немає можливостей їх повторного використання, реконструкції або модернізації, єдиний варіант – повне переплавлення. Такий спосіб утилізації є не довершеним і не досконалим, тому дане питання потребує додаткового дослідження та сучасних наукових рішень.

Головне завдання енергетиків – забезпечити споживачів електрикою та теплом і при цьому мінімально впливати на довкілля. Теплові електростанції є одним з основних забруднювачів повітря в Україні. На теплоенергетику припадає майже 80 % загальнонаціональних викидів діоксиду сірки та 25 % оксидів азоту. Тому при розробці планів реконструкції електростанцій необхідно враховувати можливість впровадження технологічних схем очищення пилогазової суміші із застосуванням фільтрів нового покоління.

Виконання екологічних стандартів Європейського співтовариства в енергетичному секторі потребує масштабного переобладнання працюючих енергоблоків, будівництва нових та консервації застарілих потужностей. Такі досягнення стають можливими завдяки новим електрофільтрам, які за всіма параметрами і показниками відповідають європейським стандартам [3].

Масштабне переобладнання теплоенергетичної системи дозволить нам швидко наблизити екологічні показники держави до європейських і створить передумови для прискореної заміни зношеного парку електрофільтрів, що не відповідають екологічним нормам [4].

Використана література:

1. Інформація про роботу електроенергетичного комплексу за грудень 2019 року / Міністерство енергетики та захисту довкілля України. URL: [http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art\\_id=245436954&cat\\_id=245183225](http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art_id=245436954&cat_id=245183225) (дата звернення 11.05.2020 р.)

2. Глухова Г.Г., Глухова В. І., Гридін А. В. Екологічні аспекти використання електрофільтрів на теплових електростанціях. *Актуальні проблеми сучасної енергетики* : матеріали III-ої Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф., 23-25 трав. 2018 р. Херсон : ХНТУ, 2018. С. 163-165.

3. Тутка В. В., Михайлова Ю. О. Реконструкція і модернізація золоочисного обладнання Бурштинської ТЕС. *Техноекологія*. 2012. №2(6). С. 105-111.

4. Варламов Г.Б., Любчик Г.М., Малярєнко В.А. Теплоенергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії : підручник. Київ : ІВЦ Видавництво «Політехніка», 2003. 232 с.



## ВИКОРИСТАННЯ БЕЗВІДХОДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЯК ФАКТОР ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЗАЦІЇ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

*Вовк В.Ю. асистент кафедри фінансів, банківської справи та  
страхування*

*Вінницький національний аграрний університет*

Потреба переходу до нових безвідходних технологій була викликана розумінням того, що існуючі технології виробництва у переважній більшості є відкритими системами, в яких нераціонально використовуються природні ресурси і формуються значні обсяги відходів, як є джерелами забруднення навколишнього середовища. Іншими словами сучасне суспільство занадто марнотратно використовує природні ресурси, виробляючи все більше споживчих товарів з коротким терміном служби за допомогою неефективних технологій, що призводить до надзвичайної кількості відходів.

Згідно із Законом України «Про відходи», відходи – це будь-які речовини, матеріали і предмети, що утворилися у процесі виробництва чи споживання, а також товари (продукція), що повністю або частково втратили свої споживчі властивості та не мають подальшого використання за місцем їх утворення чи виявлення і від яких їхній власник позбувається, має намір або повинен позбутися шляхом утилізації чи видалення [1].

Такий підхід має певні недоліки, зокрема, не враховується, що відходи є, з одного боку, ресурсом для подальшого корисного використання, а з іншого – небезпечним забруднюючим фактором. Для вирішення цієї проблеми Токарчук Д.М. запропоновано власне визначення поняття «відходи», під якими вона розуміє рештки будь-яких матеріалів, предметів, речовин, що утворюються внаслідок людської діяльності, функціонування інших біологічних істот, природних і техногенних ситуацій, які можуть мати або не мають подальшого використання за місцем їх утворення, мають власника, який повинен усіма можливими способами запобігти їх утворенню або ж позбутися їх у встановленому законом порядку шляхом утилізації, видалення чи переробки з метою забезпечення охорони навколишнього природного середовища та захисту життя і здоров'я людей [2].

Динаміка зміни обсягів утворення відходів в Україні за даними Державної служби статистики наведено у табл. 1.

За даними табл. 1 зазначимо, що у 2018 р. в Україні було утворено

352,3 млн. т. відходів, проте після 2012 р. прослідковувалась тенденція до зниження обсягів утворення відходів, але вже у 2017-2018 рр. утворення відходів систематично зростає. Тим не менш, у загальному протягом аналізованого періоду обсяги утворення відходів в Україні зменшились на 73,6 млн. т.

**Таблиця 1. Обсяги утворення відходів в Україні**

Показники	Роки						Абсолютне відхилення 2018 / 2010
	2010	2012	2014	2016	2017	2018	
Всього відходів, млн. т.	425,9	450,7	355,0	295,9	366,1	352,3	-73,6
% до попереднього значення	100,0	105,8	78,8	83,4	123,7	96,2	-
у т.ч. відходи сільського господарства, млн. т.	8,3	10,0	8,5	8,7	6,2	6,0	-2,3
% від загального обсягу	1,9	2,2	2,4	2,9	1,7	1,7	-
Утилізовано відходів, млн. т.	145,7	143,5	109,3	84,6	100,1	103,7	-42
% від загального обсягу	34,2	31,8	30,8	28,6	27,3	29,4	-

*Джерело: сформовано автором на основі даних [3]*

Щодо відходів сільського господарства, то протягом 2010-2018 рр. послідовується тенденція до їх загального зменшення. Частка даного виду відходів у загальній структурі протягом аналізованого періоду коливається у межах 1,7-2,9%. Основні напрями поводження з відходами включають: спалювання для отримання енергії; спалювання без отримання енергії; утилізацію; видалення у спеціально відведені місця чи об'єкти; вторинне використання, в т.ч. на виробництво біопалива.

Зазначені дані щодо обсягів утворення відходів загалом та частки утворення відходів сільського господарства зокрема спричиняють необхідність у пошуку шляхів ефективного поводження з відходами, а така їх кількість свідчить навіть про неефективне використання вторинних ресурсів, що спричиняє, насамперед, максимізацію втрат виробничої діяльності підприємств. Саме тому необхідним є масове впровадження підприємствами у своїй діяльності технологій безвідходного виробництва.

На сьогодні концепція безвідходного виробництва є не просто популярною світовою тенденцією, але й ефективним інструментом захисту навколишнього середовища разом із можливістю до більш повного

використання ресурсного потенціалу підприємства. Головна ідея безвідходного виробництва – це перетворення всієї сировини, що надійшла на підприємство, її залишків, а також відходів отриманих в процесі виробництва, у готову продукцію, здатну приносити дохід. При цьому термін «безвідходний» не потрібно розглядати буквально [4].

Головною метою безвідходного виробництва, на нашу думку, є мінімізація будь-якого виду витрат, які несе підприємство протягом виробничого циклу. Ефективно організоване безвідходне виробництво дозволяє значно скоротити як виробничі витрати, так і витрати пов'язані з логістикою та збутом продукції, що на пряму відображається на рівні собівартості продукції. Такий підхід дозволяє оптимізувати загальну структуру виробничих запасів, що навіть за умови різкого падіння попиту або необхідності перепрофілювання виробництва дозволить уникнути значних фінансових витрат.

Упровадження технологій безвідходного виробництва є нагальною потребою для тих підприємств АПК, які у процесі виробництва продукції утворюють велику кількість відходів. Так, у сільському господарстві України одними з найбільших виробників відходів є птахофабрики. За оцінками фахівців, на птахофабриках країни вихід відходів в середньому за рік складає: посліду природної вологості - близько 5.2 млн. т; птиці, що загинула. – 50 тис. т; відходів інкубації – 12 тис. т; відходів забою птиці – 210 тис. т [5].

Найперспективнішим напрямом безвідходних технологій на сьогодні, на нашу думку, є виробництво з відходів сільського господарства біогазу. Біогаз є горючою газовою сумішшю, яку отримують у процесі природного розкладання шляхом метанового бродіння біосировини. З огляду на те, що стрімко зростає кількість органічних відходів, виробництво біогазу вирішує проблему утилізації відходів, тим самим запобігаючи викидам метану в навколишнє середовище, дозволяє зменшити використання хімічних добрив і запобігає забрудненню ґрунтових вод [6].

Перспективи розвитку цього сектору обумовлені, по-перше, універсальністю біогазу як енергетичного продукту, а саме – можливістю виробництва на його основі як теплової та електричної енергії, так і палива для двигунів внутрішнього згорання. По-друге, відходи рослинництва і тваринництва належать до субстратів, які найбільш доцільно використовувати для виробництва біогазу, оскільки вони утворюються як побічні відходи та потребують утилізації в екологічно безпечний спосіб. По-третє, в процесі анаеробного зброджування органічних відходів сільського

господарства в біогазовій установці утворюються високоякісні органічні добрива, використання яких дозволяє отримати позитивний агротехнічний ефект. Ще однією перевагою біогазових технологій є високий коефіцієнт використання встановленої потужності біогазових установок та відсутність залежності обсягів генерації енергії від кліматичних умов, що вигідно їх відрізняє від інших генеруючих потужностей на основі ВДЕ, сонячних та вітрових електростанцій зокрема (*Kurbatova & Hyrchenko, 2019*).

Отже, орієнтація на безвідходність у сфері АПК супроводжується не тільки підвищенням ефективності використання матеріальних та сировинних ресурсів, а й зниженням трудомісткості та фондомісткості кінцевої продукції, витрат на охорону навколишнього середовища, підвищення продуктивності праці, збільшення соціальної користі. Найбільш перспективним напрямом повторного використання відходів сільського господарства є виробництво біогазу. Серед низки біоенергетичних технологій, досить широкого використання набула технологія виробництва біогазу шляхом анаеробного зброджування органічних відходів сільського господарства.

### Література

1. Про відходи: Закон України від 05.03.1998 р. № 187/98-ВР. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/187/98-вр>.
2. Токарчук Д.М. Управління ефективним використанням сільськогосподарських відходів для виробництва біогазу. *Облік і фінанси*. 2018. № 3. С. 133-139.
3. Офіційний сайт Державної служби статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
4. Ткаченко Т.П., Кириченко С.О., Аларікі Ф.Н. Концепція безвідходного виробництва як фактор підвищення прибутковості підприємства. *Агросвіт*. 2018. № 9. С. 60-63.
5. Андрейченко А.В. Основні принципи безвідходного виробництва сучасного АПК. *Наукові праці Кіровоградського національного технічного університету. Економічні науки*. 2017. Вип. 32. С. 280-287.
6. Калетнік Г.М., Здирко Н.Г., Фабіянська Ю.В. Біогаз в домогосподарствах – запорука енергонезалежності сільських територій України. *Економіка. Фінанси. Менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2018. № 8. С. 7-22.
7. Курбатова Т.О., Гирченко Є.В. Економічні перспективи розвитку сектору біогазу на основі використання органічних відходів сільського господарства. *Modern economics*. 2019. № 14. С. 121-129.

## СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ РАС

*Овдіюк В.М., аспірант*

*Поліський національний університет*

На сьогодні розвиток аквакультури є альтернативою збільшення виробництва рибної продукції. Проте процес функціонування аквакультурної галузі передбачає збільшення вхідних ресурсів, таких як риба, корми в розрахунку на одиницю виробничої площі, що призводить в результаті збільшення відходів. З метою зменшення накопичення відходів виробництва аквакультури виникає необхідність в розробленні та вдосконаленні існуючих технологій аквакультурного виробництва.

Метою досліджень є визначення основних проблем технічного характеру функціонування аквакультурного виробництва в сучасних умовах.

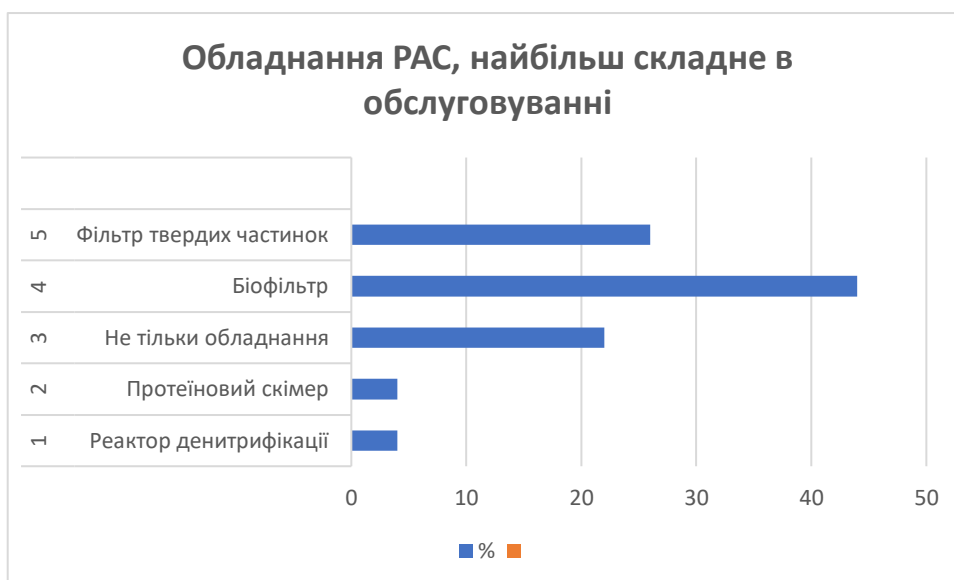
В аквакультурних системах завжди є відходи, які є або невикористаними ресурсами, або побічними продуктами. Рециркуляційна аквакультурна система (РАС) є системою культивування, яка дозволяє повторно використовувати воду для розведення риби, і було доведено, що вона краще видаляє тверді частинки, ніж проточна система. РАС має потенціал зниження впливу на навколишнє середовище відходів аквакультури. Значна кількість твердих частинок в РАС становить менше 10 мкм і може викликати проблеми в РАС, якщо не буде ефективно видалено. Вони можуть засмічувати біофільтри, приводити до вторинної виробленні аміаку, чинити негативний вплив на інші компоненти систем і здоров'я культивованої риби [1]. Отже, актуальним на сьогодні для РАС є введення правильної системи очищення води. Подібні заходи дадуть можливість підвищення як технологічної так і економічної ефективності функціонування РАС.

Одна з проблем цих систем є зона видалення твердих тіл. Низка авторів, а саме Alabaster і Lloyd (1962); Chapman et al. (1987); Chen and Malone (1991) вказували на негативний вплив твердих частинок невикористаної їжі та великої кількості фекалій в рециркулярній аквакультурній системі. В результаті це викликало наступні негативні наслідки: засмічення біофільтрів та вторинне виробництво аміаку. Зараз загальноновизнано, що видалення зважених твердих речовин є критичним [2]. Таким чином, видалення твердих частинок з води повинно стати

первинною задачею в РАС. Даний крок знизить ризик забруднення навколишнього середовища в частині відходів РАС.

З метою визначення пріоритетності в основних проблемах технічного характеру функціонування системи РАС. Було проведено соціологічне опитування групи респондентів-фахівців в даній галузі. Для дослідників і консультантів кластеризація найбільш поширених проблем проранжувала основні слабкі моменти в наступному порядку: неправильний системний розрахунок (неточний розрахунок параметрів в проекті, занадто оптимістичний), неправильне обслуговування (недолік навчання), проблеми експлуатації (погана якість води), поганий проект (вибір обладнання для УЗВ). Не піддаються оцінці питання поганої якості води в системах, тому що вони викликані різними причинами: неточний розрахунок параметрів всієї системи і обсягів виробництва (тобто низька щільність посадки, ніж спочатку закладалася в розрахунках), поломка обладнання (в більшості випадків через невдалого проекту), помилки в обслуговуванні системи [3]. Отже, можемо стверджувати, що існують проблеми як технічного так і організаційного характеру в функціонуванні РАС.

Розглянемо та проаналізуємо основні проблемні моменти в функціонуванні сучасних РАС в частині технічного базису (рис. 1).



**Рис. 1. Основні технологічні проблеми функціонування РАС.**

Джерело: Адаптовано [3].

Як бачимо, найбільш проблемним елементом в обладнанні РАС є біофільтр, на його долю в загальній сукупності припадає більше 45%. Що значно порушує роботу біофільтра (зростає концентрація токсичних частин, таких як амоній та нітрит). На другому місці знаходиться фільтр твердих частинок, близько 28%, де основною найпоширенішою проблемою є вихід зі строю дезенфікаторів (озонатори та УФ). А також не варто забувати і про інші технологічні проблеми РАС, а саме людський фактор в частині організаційних моментів. Найпоширенішими вони є в господарствах з повним вітворювальним циклом, тобто де є присутнім в технологічному циклі, як розведення, так і нагул риби. Даний вид проблем обумовлений недосконалою проектною частиною та некваліфікованим управлінням.

Варто зазначити, що до проблемного ряду УЗВ можна також віднести відсутність температурного і рН контролю; серед згаданих причин це помилки розрахунків, ймовірно, засновані на лабораторних і дрібних модельних проектах. Контроль концентрації твердих частинок і управління біофільтром найбільш складні завдання в РАС, неправильне виконання яких є основною причиною несправності системи. Технології фільтрації вже розроблені, але оптимальна інтеграція вузлів між собою, ймовірно, випущена з уваги. Важливою проблемою якості води є зважені частинки. Вони впливають на роботу практично всіх компонентів РАС, тому їх фільтрація істотно позначається на продуктивності системи. Ефективність витрат обов'язково повинна узгоджуватися з чотирма аспектами допустимого навантаження на систему: фізичним, виробничим, екологічним та соціальним. Однак, як зазначили компанії, обладнання для дегазації (колони і мішалки) використовується нечасто [3]. Отже, можна відмітити що, проблеми з обладнанням очистки води від твердих частинок призводять до розбалансування майже всіх процесів, які протікають в РАС, що може призвести до унеможливлення проживання гидробіонтів.

Таким чином, до ключових проблем функціонування РАС можна віднести: організаційно-управлінську (в частині відсутності досвіду управління такою системою та забезпечення зворотного зв'язку, недостатній рівень кваліфікації персоналу та відповідне його навчання в подальшому); технологічну (в частині неякісного проектування самої системи РАС, невірний підбір фільтра і біофільтра), сервісного характеру (невміння обслуговування і підтримування обладнання для забезпечення його ефективною роботи) та проблеми забруднення навколишнього середовища, а саме забруднення води твердими залишками, які мають

суттєвий вплив на всю систему в цілому. Отже, перспективами подальшого дослідження є необхідність пошуку шляхів покращання видалення забруднень, шляхом комбінування різних методів та технологій, в частині дослідження використання «фільтра тонкого очищення» для досягнення результату утримання більше 95% твердих частинок.

### Список літератури

1. Dauda, Akeem & Ajadi, Abdullateef & Tola-Fabunmi, Adenike & Olusegun, Akinwole. (2018). Waste production in aquaculture: Sources, components and managements in different culture systems. *Aquaculture and Fisheries*. 4. 10.1016/j.aaf.2018.10.002.
2. Паттерсон Р.Н., Ваттс К.С., Тіммонс М.Б. Закон про владу в аналізі розміру часток для об'єктів аквакультури // *Аквакультурна інженерія*. 1999. Т. 19. №. 4. С. 259-273.
3. <http://aquavitro.org/2016/01/06/analiz-uzv-voprosy-upravleniya-i-zadachi-na-budushhee-opros> (дата звернення 12.05.2020).



## РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧА ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА КРУПИ ІЗ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

**Сукманюк О.М.**

**Венгер П.В., магістр**

*Поліський національний університет*

Важливою умовою підтримання здоров'я і високого рівня працездатності людини є раціональне харчування. Їжа є джерелом енергії і одночасно слугує постачальником незамінних харчових речовин для побудови живих структур і регуляції обміну речовин. При цьому особливе значення має збалансованість компонентів, що формують їжу і підвищують її якість. Нині в Україні – зернопродукти є дешевим джерелом їжі. Важливу роль при цьому виконують баластні речовини, в склад яких входять клітчатка, геміцелюлоза, пектин, лігнін. Хоч вони мало піддаються впливу кишково-шлунковому тракту людини, але можуть призвести до розвитку таких захворювань, як цукровий діабет, атеросклероз, ішемічна хвороба серця [1].

Сучасні технології переробки зернових культур прагнуть очистити продукти від грубих рослинних волокон, що призводить до зниження мікроелементів, білків і вітамінів. Також існуючі технології переробки зерна в крупу передбачають різну підготовку зерна до його обробки, наявність декількох потоків у шліфувальне відділення, контроль відходів на спеціальному обладнанні [3]. Технологічна схема високопродуктивного переробного підприємства включає велику кількість однотипного технологічного і транспортного обладнання, що призводить до високих питомих енергозатрат, тому розробка ресурсозберігаючої технології і технічних засобів для обробки зерна круп'яних культур в сільськогосподарському виробництві є актуальним.

Технологічний процес переробки зерна в крупи у загальному вигляді складається з восьми-десяти операцій (очистка зерна, сортування за фракціями, лушення, подрібнення, відбір зерна, шліфування, сортування продуктів лушення, видалення лузги і муки). З врахуванням специфічних властивостей окремих видів круп деякі операції процесу можуть бути відсутніми.

Технологічний процес виробництва крупи ускладнюється ще й тим, що однорідність зернової маси за розмірами складає не більше 70-80%. Так як зерно лущать та шліфують, пропускаючи його між робочими

органами машини, встановленими з певним зазором, стає зрозуміло, наскільки важливо мати однорідну за величиною і якістю зернову масу. Неоднорідність зернової маси потребує введення спеціальної технологічної операції розділення зернової маси на фракції з наступним круповідділенням.

Кількісний вміст ядра в зерні знаходиться в межах 62-80% в залежності від культури. При переробці зерна в крупи вихід крупи складає в середньому 50-75%, відповідно 50-25% ядра перетворюється у відходи, що не використовуються для товарних цілей. Такий великий відсоток невикористання ядра зерна круп'яних культур є результатом недосконалості машини для процесів луцення та шліфування [3, 4].

В останні роки у круп'яному виробництві набули розповсюдження машини з абразивними дисками, вальцеві луцильні машини, вальцеві дискові, машини ударного типу та ін. Деякі конструкції луцильних машин тяжкі, громіздкі, енергоємні і не завжди зручні у використанні. Тому запропонована луцильно-шліфувальна машина, являє собою удосконалену луцильно-шліфувальну машину ЗШМ-3А (рис. 1), що дозволяє переробляти зерно в крупи з меншими затратами. При використанні даної машини можна визначити деформацію стиснення зернівки аж до її руйнування.

Дана машина складається з корпусу, змонтованого на станині, у корпусі на підшипникових вузлах встановлений вал, до якого жорстко прикріплені абразивні диски. Машина обладнана системою контролю частоти обертання вала і системою контролю споживання електроенергії, електродвигуна потужністю 7,5 кВт.

Частина вала, на якій закріплені диски, має внутрішню порожнину з відповідними отворами в стінках. У головці корпусу машини змонтований впускний патрубок, який обладнаний регульовальним клапаном конусного типу. Крутний момент від вала двигуна передається на вал машини за допомогою клинопасової передачі, що дає можливість змінювати частоту обертання робочих дисків, за допомогою перестановки паса у відповідні канавки шківа.

Абразивні диски обертаються у внутрішній порожнині ситового циліндра, який жорстко закріплений в корпусі луцильно-шліфувальної машини.

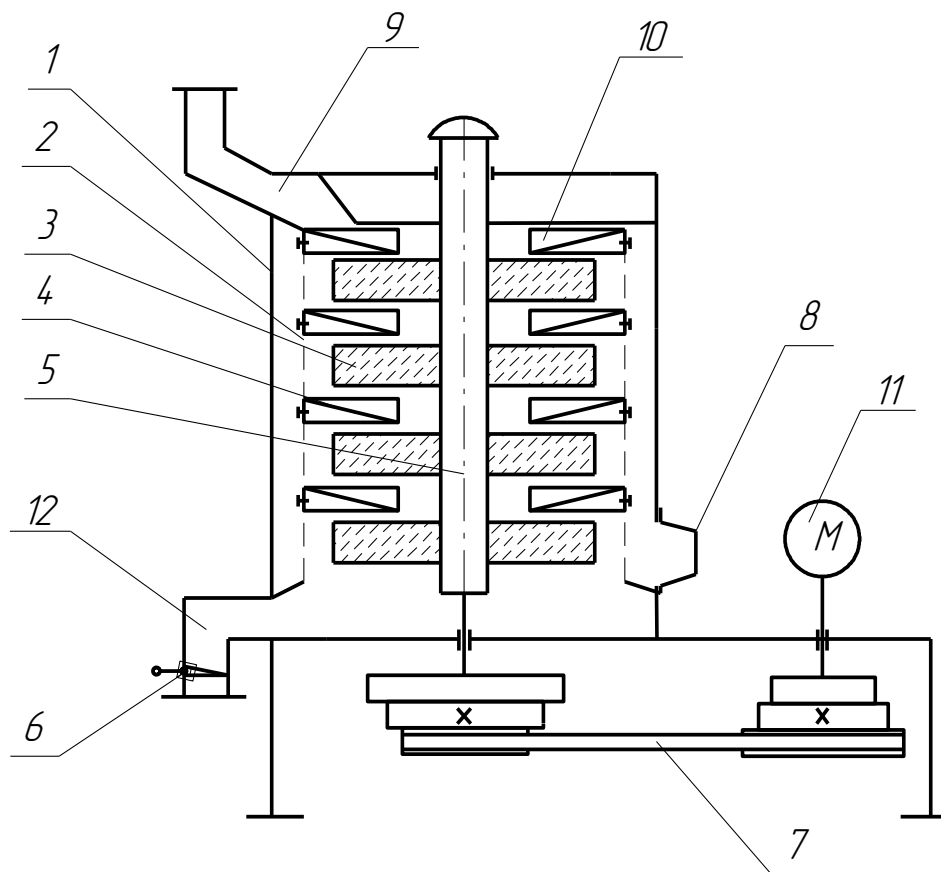


Рис. 1. Луцильно-шліфувальна машина: 1 – корпус; 2 – сітка; 3 – диск; 4 – направляючий диск; 5 – вал; 6 – регулятор; 7 – привід; 8 – патрубок повітряний; 9 – завантажувальний патрубок; 10 – гонки; 11 – двигун; 12 – випускний патрубок.

Луцильно-шліфувальна машина обладнана направляючими воронками з гонками, нахил яких вибраний таким чином, що при обертанні круга між його площиною і гонком утворюється клиновидна зона, зерно, яке рухається разом з кругом, під дією нахилу гонка притискається до площини абразивного круга збільшуючи тим самим силу взаємодію між робочими органами і обробляємим матеріалом, що є основною перевагою даної машини. Також нахил гонків під кутом тертя до горизонтальної поверхні кола, сприяє підтримці постійного по величині міжзернового тиску і забезпечує підвищення інтенсивності обробки, стабілізацію технологічного ефекту відділення покривних тканин шляхом стирання їх об абразивну поверхню і раціональне використання всієї робочої поверхні круга.

Така форма і розміщення направляючих гонків забезпечує рух зерна в радіальному напрямку з однаковою величиною статичного опору як на верхні так і на нижні поверхні диска.

Особливістю луцильно-шліфувальної машини також є те, що продукти луцення видаляються безпосередньо із зони обробки за допомогою струменів повітря, що рухаються від порожнини вала машини, через отвори в стінках, пронизують шар зернового матеріалу, відбирають продукти луцення, виводять їх через ситовий циліндр до вихідного повітряного патрубку, звідки відсмоктується в аспіраційну систему. Також на якісну обробку зерна впливає і частота обертання робочих дисків, яка залежить від культури зерна, її можна регулювати, що передбачено запропонованою конструкцією луцильно-шліфувальної машини.

### **Список використаної літератури**

1. Моргунов В.А., Альджу М. Збагачені крупи. Харчова переробна промисловість. Одеса. 1993. №3. С. 23.
2. Устинова Л.В., Старовойтов В.Н. Очистка крупяного зерна в процессе его переработки. Тезисы докладов юбилейной научной конференции МГУПП. М.: 1997. 65 с.
3. Таранин С.А., Яблоков А.Е. Оптимизация процесса шелушения ячменя в малогабаритном шелушителе. М.: Объединенный научный журнал, 2005. №22. С. 87-89.

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РУХУ ЗЕРНІВКИ ПО НАХИЛЕНІЙ ПЛОЩИНІ СЕПАРУВАЛЬНОЇ МАШИНИ

**Сукманюк О.М.**

**Ковальчук Ю.М., магістр**

*Поліський національний університет*

Щорічно в Україні при збиранні, первинній обробці в господарствах, зберіганні на елеваторах, переробці на заводах сепаруванню піддається більше 74 млн. тон зерна [1]. При такому великому масштабі витрат навіть незначне зменшення питомого енергоспоживання процесів сепарування може дати суттєвий економічний ефект.

Питомі показники енергоспоживання сепарувальних машин, що випускаються серійно для переробних підприємств, коливаються в межах 0,01...1,32 кВт год/т [2]. Такий широкий діапазон пояснюється як відмінністю різних технологічних операцій, для виконання яких розроблене просіювальне обладнання, так і його продуктивністю.

Кардинальним вирішенням задачі зниження енергоспоживання є сепарування зерна без використання енергії від зовнішніх джерел, тобто самопливні або гравітаційні сепаратори.

Процеси гравітаційного сепарування зернових матеріалів дозволяють використовувати додаткове силове поле, що діє на матеріал, при якому досягається значне підвищення інтенсифікації процесу.

Вивчення впливу основних параметрів енергозберігаючого сепаратора на очищення зерна з використанням сил гравітації є одним із актуальних питань, що ставиться сьогодні та є важливою складовою частиною сільськогосподарського виробництва.

Оскільки показники процесу сепарування зернового матеріалу залежать від характеру руху частинок по нахиленій площині то виникає необхідність отримання закону відносного руху в залежності від його фізико-механічних властивостей і конструктивно-кінематичних параметрів енергозберігаючого сепаратора.

Зважаючи на складність повного опису динамічного стану зернових частинок по нахиленій площині для отримання математичної моделі розглянемо рух зернової частинки еліпсоїдної форми (рис. 1).

Рух зернівки здійснюється під дією сили тертя  $F_{тр}$ , нормальної реакції площини  $F$  і ваги  $g$ , що рухається по похилій площині під кутом  $\alpha$ . Похила

площина має довжину  $l$ , яка складається із суцільної частини  $l_1$  і сепаруючої гребінки довжиною  $l_2$ .

Диференціальне рівняння руху зернівки має вигляд:

$$\begin{cases} M\dot{a}_x = \sum X_i^e = X^e \\ M\dot{a}_y = \sum Y_i^e = Y^e \end{cases}, \quad (1)$$

де  $M$  – маса зернівки;

$\dot{a}_x, \dot{a}_y$  – проекція прискорення маси на вісь  $x$  і  $y$ ;

$X^e, Y^e$  – проекції головного вектора зовнішніх сил на вісі  $x$  і  $y$ , що прикладені до тіла;

$X_i^e, Y_i^e$  – проекції зовнішніх сил на вісі  $x$  і  $y$ .

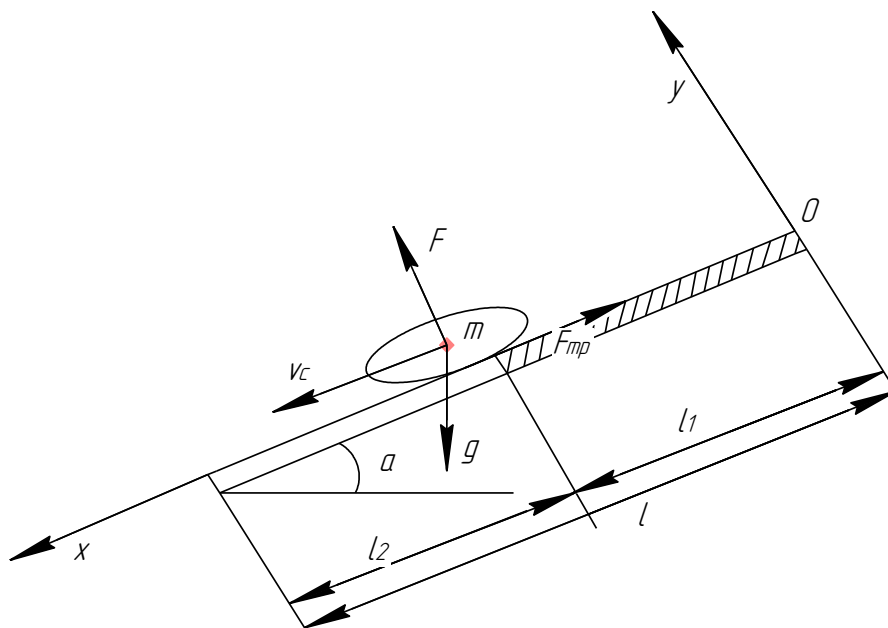


Рис. 1. Схема сил, що діють на зернівку, що рухається по нахиленій площині і сепаруючій гребінці

Отже, диференціальне рівняння руху зернівки по нахиленій площині суцільної частини  $l_1$  під кутом  $\alpha$  має вигляд:

$$\begin{cases} Mx_1 = \sum X_i^e = g \sin \alpha - F_{\text{тр}1} \\ My_1 = \sum Y_i^e = F - g \cos \alpha \end{cases} \quad (2)$$

Так як за весь час руху частинки,  $y_1 = \text{const}$ , тоді  $F - g \cos \alpha = 0$ , а отже  $F = g \cos \alpha$ . Вирішивши рівняння (2) маємо:

$$Mx_1 = g \sin \alpha - f_{\text{тр}} \times F = g \sin \alpha - f_{\text{тр}} g \cos \alpha = g(\sin \alpha - f_{\text{тр}} \cos \alpha). \quad (3)$$

де  $f_{\text{тр}1}$  – коефіцієнт тертя зернівки по нахиленій площині.

Рух зернівки по сепаруючій гребінці  $l_2$  під кутом  $\alpha$  має вигляд:

$$\begin{cases} Mx_2 = \sum X_i^e = g \sin \alpha - F_{\text{тр}2} \\ My_2 = \sum Y_i^e = F - g \cos \alpha \end{cases} \quad (4)$$

Рух зернівки по сепаруючій площині,  $y_2 = \text{const}$ , тоді  $F - g \cos \alpha = 0$ , а отже  $F = g \cos \alpha$ . Вирішивши у рівняння (4) маємо:

$$Mx_2 = g \sin \alpha - f_{\text{тр}2} \times F = g \sin \alpha - f_{\text{тр}2} g \cos \alpha = g(\sin \alpha - f_{\text{тр}2} \cos \alpha). \quad (5)$$

де  $f_{\text{тр}2}$  – коефіцієнт тертя зернівки по сепаруючій гребінці.

При аналізі формул (3) і (5) можемо зробити висновок, що центр ваги зернівки, яка рухається по нахиленій площині та сепаруючій гребінці рівноприскорена з прискоренням і не залежить від ваги зернівки.

### Список використаних джерел

1. <https://112.ua/ekonomika/urozhay-zernovyh-v-ukraine-v-2019-g-sostavit-74-mln-tonn-milovanov-514640.html>.
2. <https://propozitsiya.com/ua/analiz-zernoochisnih-separatoriv-dlya-suchasnih-elevatoriv>.

УДК 631.171

**ОБҐРУНТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОНАПУВАННЯ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ****Сукманюк О.М.****Мальцев Д.О., магістр***Кафедра процесів, машин і обладнання в агроінженерії  
Поліський національний університет*

Напування великої рогатої худоби забезпечує стабільність фізіологічного стану тварин. Комплекс машин, установок, технологічного обладнання, водонапірної арматури і пристосувань, необхідних для підготовки води, її транспортування у тваринницьке приміщення та розподіл по місцях споживання, називається системою автонапування [1].

Автонапування тварин здійснюється наступним чином. Вода із джерела по ввідному трубопроводу надходить в приміщення. Після очищення від механічних домішок вода підігрівається до заданої температури і подається до автонапувалок.

Кількість підходів тварин до місць споживання води протягом доби коливається в межах 1...5. Споживання води тваринами змінюється в залежності від віку тварини та температури води. Витрата води для: телята до 6 місяців складає 2,9 л/хв., телята до 8 місяців – 4,5 л/хв., телята до 16 місяців – 5,7 л/хв., дійні корови – 12...14 л/хв. [2].

Автонапування великої рогатої худоби на вигульних майданчиках здійснюється груповими автонапувалками. Процес напування тварин характеризується частотою взаємодії тварин з системою, інтенсивністю споживання води, характером їх поведінки в місцях споживання води.

Добове споживання води носить нерівномірний характер і залежить від багатьох факторів, а саме: виду тварини, погодних умов, часу доби, температури води, умов утримання і кормового раціону. Тривалість споживання води тваринами також залежить від віку тварини, температури навколишнього середовища і є випадковою величиною. Для великої рогатої худоби найбільш ймовірна інтенсивність споживання води складає 0,1 л/с [95, 98].

Об'єм групової автонапувалки залежить від частоти підходів тварин до напувалки, їх кількості, інтенсивності її споживання, часу відбору води та температури з автоматичним підтриманням якої можна визначити за наступною формулою:



$$V = Q_T \times n \times T \times \frac{t_3 - t_x}{t_{\text{автонап.}} - t_x} \times k, \text{ м}^3$$

де  $Q_T$  – витрата води, що споживають тварини, л/с;

$n$  – кількість тварин, гол;

$T$  – тривалість споживання води тваринами, с;

$t_3$  – температура води, відповідно до зоотехнічних вимог, °С;

$t_x$  – температура холодної води, що надходить в автонапувалку, °С;

$t_{\text{автонап.}}$  – температура води в автонапувалці, °С;

$k$  – конструктивний коефіцієнт, 1,19.

Графік залежності місткості напувальної чаші від споживання води тваринами наведений на рис. 1.

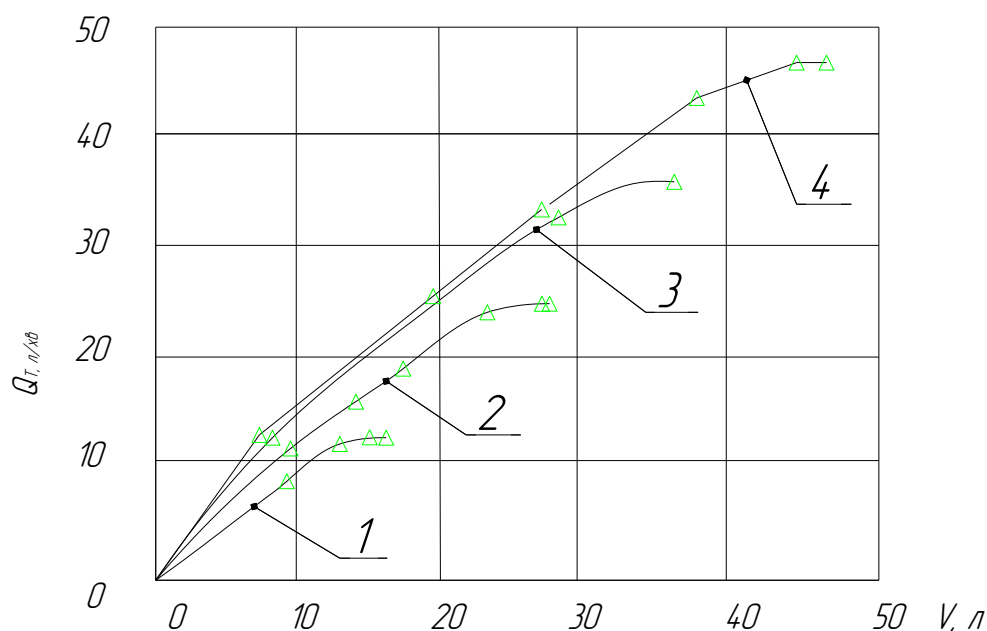


Рис. 1. – Графік залежності місткості напувальної чаші від споживання води тваринами: 1 – споживання води одною твариною; 2 – споживання води 2 тваринами; 3 – споживання води трьома тваринами; 4 – споживання води чотирма тваринами.

### Список використаних джерел

1. Поцелуев, А.А. Водоснабжение объектов сельскохозяйственного назначения: учебное пособие. - зерноград: ФГОУ ВПО АЧГАА, 2005. 306 с.
2. Ревенко І.І. Механізація виробництва продукції тваринництва / І.І. Ревенко, Г.М. Кукта та ін.; За дед. І.І. Ревенка. К.: Урожай, 1994. 264 с.

## ВПЛИВ КОНСТРУКЦІЇ ЕЛЕКТРОФІЛЬТРА НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ОЧИЩЕННЯ ПОВІТРЯ У ТВАРИННИЦЬКОМУ ПРИМІЩЕННІ

**Лаврищев О.О.,**

*Житомирський агротехнічний коледж*

**Сукманюк О.М., доц., к.і.н.**

**Тарасюк О.В., магістр**

*Поліський національний університет*

Найбільш прийнятними засобами для очищення рециркуляційного повітря у тваринницькому приміщенні є вологі електрофільтри, в яких очищення повітря здійснюється під дією електричних сил. Ефективність роботи електрофільтрів полягає в тому, що вони вловлюють частинки розміром менш 1 мкм [1]; діапазон робочих швидкостей знаходиться в межах 1,5...4 м/с [2]; початковий аеродинамічний опір електрофільтрів практично не змінюється протягом всього терміну служби, що є їх основною перевагою; вторинне винесення часток при роботі на номінальних швидкостях мінімальне; мале споживання електроенергії; не потребує заміни фільтруючих елементів, так як відбувається їх регенерація.

В основу роботи електрофільтра покладений коронний розряд. Сила струму коронного розряду залежить від прикладеної до електродів напруги, відстані між електродами, їх форми та щільності і складу повітря. При високій напрузі біля поверхні *коронуючого* електроду інтенсивно проходить ударна іонізація газів, що супроводжується виникненням коронного розряду (корони), яка затухає по мірі віддалення від коронуючого електроду [3]. Газові іони різної полярності, що утворюються в зоні корони, під дією сил електричного поля рухаються до різнойменним електродам, внаслідок чого виникає електричним струм.

Степінь очищення газів в електрофільтрі можна визначити наступним чином, враховуючи, що пил однорідна і її розподіл у поперечному перетині рівномірний, швидкість дрейфу частинок і швидкість газу незмінні, вторинне винесення і принесення повітря відсутнє [4, 5].

Для забезпечення необхідних умов мікроклімату в тваринницькому приміщенні необхідно розрахувати конструктивні і технологічні параметри електрофільтра при потрібній кратності повітрообміну і швидкості повітряного потоку, що проходить через даний електрофільтр.

У дослідженнях [6] було доведено, що раціональне відношення міжелектродною відстанню  $h$  і відстанню між коронуючими електродами  $d$  складає:

$$\frac{d}{h} = 1,9 \dots 2,1. \quad (1)$$

В свою чергу оптимальне значення  $d$  дорівнює 52 мм [6]. Таким чином, значення міжелектродною відстанню  $h$  складе 24,76...27,36 мм.

Для електрофільтрів коефіцієнт ефективності очищення може бути представлений в загальному вигляді рівняння Дейча [4]:

$$\eta = 1 - \exp(-wf), \quad (2)$$

де  $f$  – питома поверхня осадження, тобто поверхня осаджуючих електродів, що припадає на 1 м<sup>3</sup>/с газу, що очищається, м<sup>2</sup>;  $w$  – швидкість руху пилових частинок, м/с.

Зміна показника  $wf$  при постійній швидкості руху прямо пропорційне зміні розмірів електрофільтрів [4].

Коефіцієнт  $f$  для електрофільтра з плоскими електродами визначається із співвідношення [7]:

$$f = \frac{L}{hu}, \quad (3)$$

де  $L$  – довжина електрофільтру;  $h$  – міжелектродна відстань;  $u$  – швидкість повітря м/с.

Швидкість повітряного потоку, що проходить через електрофільтр, визначається за відомою формулою [8]:

$$u = \frac{L}{S}, \quad (4)$$

де  $S$  – площа вхідного отвору, м<sup>2</sup>.

Початкове значення швидкості повітряного потоку задається, виходячи із об'єму тваринницького приміщення і потрібної кратності повітрообміну.

Таким чином, вирішивши рівняння (1) і (4) і підставивши значення у формулу (2) можливо аналітичним способом визначити ефективність очищення повітря у тваринницькому приміщенні.

### Список використаних джерел

1. Биргер М.И., Вальдберг А.Ю., Мягков Б. И. и др. Справочник по пыле- и золоулавливанию. М.: Энергоатомиздат. 1983. 312 с.
2. Смолин Н.И., Еськова С.М. Результаты исследований электрического фильтра с повышенной объемной скоростью. Вестник Ижевской ГСХА. Ижевск. 2012. № 1(30). С. 12–15.
3. Лаврищев О.О. Використання коронного розряду для очищення викидного повітря в сільському господарстві. The development of technical sciences: problems and solutions: Conference Proceedings, April 27-28, 2018. Brno: Baltija Publishing. P. 174-175.
4. Старк, С.Б. Пылеулавливание и очистка газов в металлургии. М.: Металлургия. 1977. 328 с.
5. Ужов, В.Н. Очистка промышленных газов электрофильтрами. М.: Химия. 1967. 344 с.
6. *Еськова, С.М. Электрофильтр с повышенной объемной скоростью для очистки приточного воздуха в промышленном птицеводстве: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.02 / С.М. Еськова. – ИГСХА. Ижевск, 2012. 107 с.*
7. Верещагин И.П. и др. Основы электрогазодинамики дисперсных систем. М.: Энергия, 1974. 480 с.
8. *Отопление и вентиляция [Текст]: учебн. для вузов. В 2-х частях. Часть 2. Вентиляция / под ред. В. Н. Богословского. - М.: Стройиздат. 1976. 439 с.*

## ВСТАНОВЛЕННЯ ФРАКЦІЙНОГО СКЛАДУ КОМПОНЕНТІВ ВИХІДНОЇ ЗЕРНОВОЇ СУМІШІ ДЛЯ АЕРОДИНАМІЧНОГО СЕПАРАТОРА САД-4

*Дерев'янко Д. А., д.т.н., професор кафедри процесів, машин і обладнання в агроінженерії*

*Кирилюк О. В., магістрант*

*Поліський національний університет*

Аеродинамічний сепаратор САД-4 використовує два простих методи сепарування – за геометричними ознаками та за аеродинамічними властивостями компонентів зернової суміші. Це припускає можливість виконувати калібрування зерна, тобто відбирати окремо посівний матеріал та товарне зерно. При цьому виробник ТОВ НПП «АЕРОМЕХ» пропонує виконати операцію попереднього очищення від легких домішок. Натомість, для фермерського господарства більш прийнятним можна вважати змішаний режим сепарування. Він використовується у тих випадках, коли відсутні високі вимоги до чистоти, а також, при достатньо великих об'ємах вихідного матеріалу для умов господарства.

В повітряному потоці пневмо-сепаруючого каналу вихідна зернова суміш, котра складається із компонентів відмінних між собою за густиною та аеродинамічними властивостями, поділяється на п'ять фракцій. До першої фракції мають потрапляти важкі неорганічні та органічні включення, а легка фракція (пил, квіткові оболонки, часточки рослинності і ін.) відноситься повітряним потоком до повітряного циклону. Решта зернової маси поділяється між важкою та легкою на чотири фракції у певній пропорції залежно від умов сепарування та технологічних властивостей вихідної зернової суміші.

Нами проведено дослідження серійного аеродинамічного сепаратора САД-4 в лабораторних умовах. Мета досліджень полягала у встановленні пропорційності поділу на фракції вихідної зернової суміші та виявлення ефективності очищення зерна від сторонніх компонентів. Для цього використовували зерно пшениці зібране в умовах фермерського господарства. Результати досліджень подано у таблиці 1.

Таблиця 1. Розподіл зернової маси за фракціями

Вихід, відповідно до фракцій, %					
1-ша	2-га	3-тя	4-та	5-та	легка
1,5	63,9	24,5	4,0	3,4	2,7

Процес сепарування проводився при наступних налаштуваннях: положення заслінки зернового бункера встановлено на позначці 1; положення інтенсивності подачі повітря через струменевий генератор на позначці 4. Результати досліджень вказують на досить нерівномірний поділ за фракціями (див. табл. 1). Причиною отриманого результату може бути недостатня інтенсивність повітряного потоку. Тому, виникла потреба дослідним чином встановити середню швидкість повітряного потоку у пневмо-сепаруючому каналі (рис. 1).

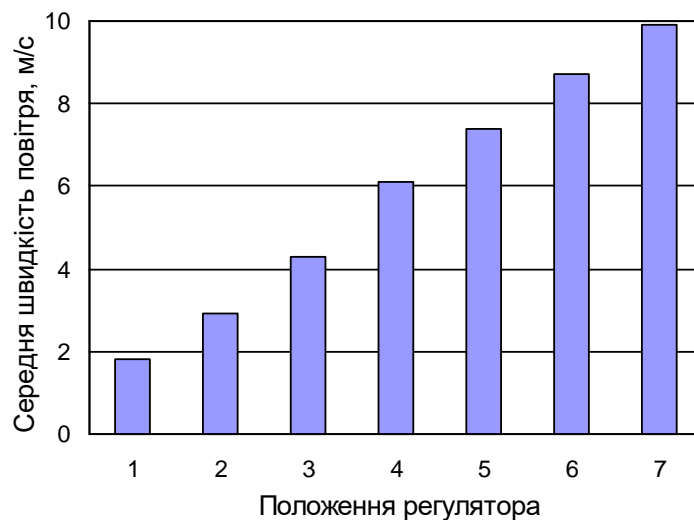


Рис. 1. Середня швидкість повітряного потоку у пневмо-сепаруючому каналі залежно від налаштувань струменевого генератора

Дослідженнями встановлено (рис. 1), що середня швидкість повітряного потоку у пневмо-сепаруючому каналі при положенні важеля регулятора на позначці 4 не відповідає критичній швидкості для зернової маси пшениці. Відповідно до рекомендацій [1], швидкість витання для зерна пшениці становить 8,9-11 м/с, що на 31,5-44,5 % більше ніж при четвертому положенні регулятора.

**Висновки.** Отримання заданого фракційного виходу вимагає попереднього встановлення інтенсивності повітряного потоку відповідно до технологічних властивостей вихідної зернової суміші.

### Список використаних джерел

1. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості: підруч. / І. С. Гулий, М. М. Пушанко, А. О. Орлов та ін.; за ред. І. С. Гулого. Вінниця: Нова книга, 2001. 576 с.

## ПОКРАЩЕННЯ ТРАНСПОРТУВАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОЛЕКТОРІВ ДОЇЛЬНИХ АПАРАТІВ

*Медведський О. В., к.т.н., старший викладач кафедри процесів, машин і обладнання в агроінженерії*

*Коваль В. В., магістрант*

*Поліський національний університет*

Колектори доїльних апаратів різних фірм-виробників, як вітчизняних так і закордонних, наділені деякими недоліками. В першу чергу це збовтування молока та його пульсація під час транспортування до молокопроводу доїльної установки в молочному гнучкому шлангові. В наслідок цього відбувається диспергування молочного жиру, що погіршує технологічні властивості молока. Значний вплив на транспортування молока молочним шлангом має постійне неконтрольоване надходження повітря до молочної камери [1].

Результатом пошуку прийняттого рішення є запропонована нами конструкція колектора доїльного апарата з періодичним контрольованим впуском повітря до молочної камери під час такту стиску (рис. 1).

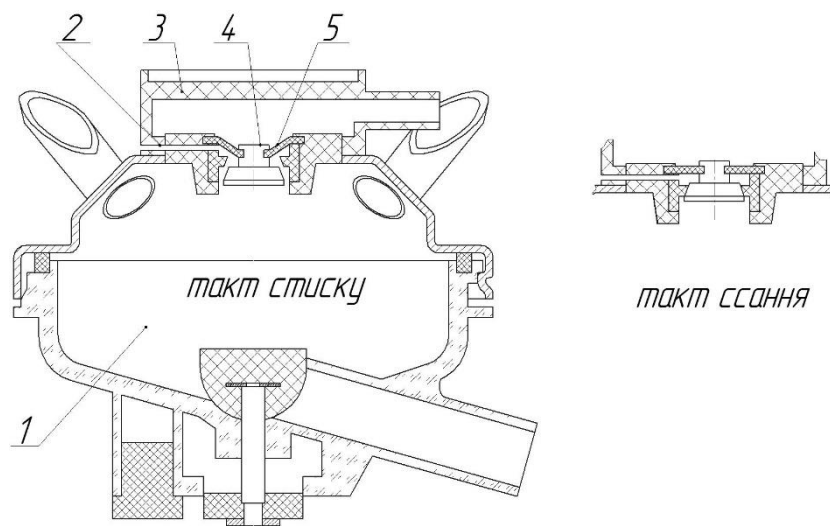


Рис. 1 Схема розробленої конструкції колектора: 1 – молочна камера; 2 – дросельний канал; 3 – розподільна камера; 4 – клапан; 5 – мембрана

Принцип роботи полягає в наступному. Під час такту стиску (рис. 1) з боку розподільної камери колектора на мембрану діє атмосферний тиск. В наслідок цього мембрана 5 прогинається донизу та відкриває клапан 4. Через дросельний канал 2 та відкритий клапан 4 повітря надходить до

молочної камери колектора. В наслідок цього створюється додатковий градієнт тиску і молоко з молочної камери буде ефективно транспортуватись молочним шлангом впродовж такту стиску.

Сила пружності матеріалу мембрани чинить опір силі котра прагне відкрити клапан під час такту стиску. В такому випадку має виконуватись умова відкривання клапана:

$$p_k \cdot \frac{\pi d_{кл}^3}{4} \geq p_p \cdot \lambda, \quad (1)$$

де  $d_{кл}$ , – діаметр клапана, м;

$p_k$ ,  $p_p$  – відповідно, тиск в дросельному каналі та у розподільній камері колектора, кПа;

$\lambda$  – коефіцієнт, що враховує пружні характеристики мембрани.

За умови відомих параметрів пружних характеристик мембрани, котрі визначаються залежно від співвідношення діаметрів клапана та мембрани, діаметр клапана визначимо за залежністю:

$$d_{кл} \geq 2 \sqrt{\frac{p_p \cdot \lambda}{p_k \cdot \pi}}. \quad (2)$$

Таким чином, діаметр клапана має пропорційно збільшуватись при збільшенні коефіцієнта пружних властивостей мембрани.

**Висновки.** На ефективність роботи запропонованої конструкції колектора доїльного апарата суттєво впливають конструкційні параметри клапанного механізму. Це, в першу чергу, викликано необхідністю надходження повітря до молочної камери впродовж усієї тривалості такту стиску, що гарантує ефективне транспортування молока до молокопроводу доїльної установки.

### Список використаних джерел

1. Establishing rational structural-technological parameters of the milking machine collector / G. Golub, O. Medvedskyi, V. Achkevych, O. Achkevych // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2018. – Vol. 1, № 1 (91). – P. 12–17.



## ОЦІНКА КОНСТРУКЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ КОЛЕКТОРІВ ДОЇЛЬНИХ АПАРАТІВ

*Коваль В. В., магістрант кафедри процесів, машин і обладнання в  
агроінженерії*

*Поліський національний університет*

Колектор доїльного апарата призначений для розподілення змінного тиску від пульсатора до міжстінних просторів доїльних стаканів, збирання молока, виведеного від окремих часток вим'я, та його транспортування до молокозбірника або молокопроводу доїльної установки. Якість молока залишається основним фактором відповідності доїльного апарата зоотехнічним вимогам. Вона забезпечується багатьма чинниками, серед яких дотримання технології утримання тварини, технології доїння, встановлення мікроклімату, конструктивними особливостями самого доїльного апарата.

Важливим є збереження якості молока при машинному доїнні. Існує проблема виведення видоєного молока з молокозбірної камери колектора у верхній молокопровід (для доїльних установок типу «молокопровід»), особливо це стосується процесу машинного доїння високопродуктивних корів, коли має місце несвоєчасне відведення молока із молочної камери колектора та пульсація потоку в молочному шлангові. При цьому прослідковується процес розчеплення жирових кульок в наслідок чого в колекторі та молочному шлангові залишаються частинки молочного жиру. Це, в свою чергу, призводить до погіршення експлуатації доїльного апарату: ускладнюються прохідність молока, виникає потреба в додатковому очищенні після доїння. Основним недоліком колекторів з одночасним доїнням усіх долей вимені є переповнення молочної камери, що знижує вакуумметричний тиск під дією в наслідок чого погіршується молоковиведення та транспортування молока до молочного відра або молокопроводу.

Для вирішення проблеми переповнення молочної камери, використовують колектори для попарного доїння. В даному випадку одночасне надходження молока відбувається тільки із двох долей вимені корови. Недоліком таких колекторів залишається присутність пульсуючого потоку під час транспортування, що погіршує технологічні показники молока. Італійська фірма «InterPuls» пропонує своє конструкційне рішення (рис. 1, а). Запатентований дефлектор [1], розташований усередині

колектора у верхній його частині, тільки в передній частині від доїльних стаканів. Це запобігає падінню молока відразу до молочної камери. Молоко стікати по стінках колектора, тим самим усуваються типові коливання вакууму, що має місце під час доїння високопродуктивних корів. В такому випадку, молоко не буде спінюватись, що може покращити процес його транспортування до молокопроводу доїльної установки.



Рис. 1. Конструкційні рішення підвищення ефективності колекторів: а – колектор Milpro 450 (Італія); б – колектор MC-50 (Швеція)

Фірма DeLaval [2] пропонує колектор з верхнім відводом молока. За такого рішення мінімізуються флуктуації вакууму під дійкою корови (рис. 1, б). Це досягається за рахунок відсмоктування молока через вертикальний центральний патрубок. При цьому забезпечується рівномірний потік молока, що виключає спінювання та погіршення якості молока (низький рівень руйнування молочних жирів). До недоліків слід віднести відсутність системи розділення потоку молока і повітря, надходження повітря до колектора нічим не обмежується.

Позбутися вказаних недоліків колекторів доїльних апаратів можна шляхом втілення в одній конструкції позитивних особливостей існуючих серійних зразків. Зокрема, оригінальним рішенням можна вважати організацію спрямованого потоку молока від молочних трубок до вставки, що запобігає збиранню молока в одному місці. Але мають використовуватись рішення, що не передбачають використання будь-яких додаткових елементів у порожнині корпусу або молочної камери колектора.

**Висновки.** Запропоновані конструкційні рішення колекторів доїльних апаратів різних фірм-виробників не позбавлені недоліків. Зокрема

присутнє збовтування молока в молочній камері та пульсація потоку в шлангові при доїнні у верхній молокопровід доїльної установки, що сприяє диспергуванню молочних часточок. За рахунок цього отримуємо молоко гіршої якості. Збільшення ж швидкісного режиму виведення молока з молочної камери колектора не покращує природну якість молока, а в деяких випадках погіршує.

### Список використаних джерел

1. Вимоги до доїльного обладнання : веб-сайт. URL : <http://www.milkUA.info>.
2. Підвісна частина DeLaval MC-50 : веб-сайт. URL : <http://www.deleval.com>.

УДК 331.45

**ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ БЕЗПЕКИ НА ПЕЛЕТНОМУ ВИРОБНИЦТВІ**

**Єременко О.І., к.т.н., доцент,  
Войналович О.В., к.т.н., доцент**

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Виробництво гранульованого твердого біопалива (пелет) не потребує значних інвестицій, а тому його можна організувати як на великих, так і на малих підприємствах. Сировиною для виробництва пелет здебільшого є відходи лісозаготівлі та деревообробляння, побічні продукти та відходи аграрного виробництва (незернова частина врожаю зернових культур, відходи зернопереробних, круп'яних та олійних виробництв), торф, матеріали енергетичних насаджень.

Для ефективного спалювання відходів органічного походження потрібно мати паливний матеріал у вигляді виробів, майже однакових за розмірами і формою. Це забезпечує необхідний контакт матеріалу з киснем повітря для отримання найбільшого тепловіддавання та дозволяє механізувати і автоматизувати технологічні процеси в опалювальних установках.

Нині практично відсутні дослідження щодо безпеки і гігієни праці в технологічних процесах виробництва твердого біопалива (пелет), зокрема вибухо- і пожежної небезпеки. Пелетне виробництво згідно з класифікацією приміщень та будівель належать до категорії Б (висока вибухопожежна та пожежна небезпека). Виробництво деревних гранул характеризується наявністю у технологічному обладнанні одночасно підвищених температур та деревного матеріалу, подрібненого до стану мульчі, що може спричинити загоряння та вибухи.

Мета роботи – проаналізувати можливість застосування технічних засобів захисту для запобігання створенню вибухо- і пожежонебезпечних сумішей газів та пилу в пелетному виробництві.

Технологічний процес отримання якісних біопаливних гранул (діаметр – 4-10 мм, довжина – 10-50 мм) та брикетів (діаметр понад 25 мм) передбачає такі етапи виробництва:

– первинне обробляння органічної сировини, а саме: подрібнення часток до розмірів не більше ніж 5 мм та висушування біомаси до 8-14 % вологості у сушарках барабанного чи стрічкового типу;

- кондиціювання, тобто уведення пари або води до біомаси для поліпшення властивостей лігніну;
- пресування у грануляторах, продавлюючи сировину роликками через філь'єри матриці під тиском 30-40 МПа або у брикетних машинах, ущільнюючи біомасу шнековими чи поршневыми робочими органами;
- охолодження, адже після попереднього етапу температура пелет становить 80-100 °С, а брикетів на шнекових пресах – до 200 °С;
- просіювання охолоджених гранул для відокремлення дрібної фракції.

Найбільшої міцності набуває біомаса, яку пресують за температури понад 150 °С. Верхньою межею температури пресування є 250 °С, коли розпочинається реакція піролізу, тобто відбувається часткове розкладання біомаси.

У сушарках барабанного типу, куди безпосередньо потрапляє гарячий газ з топки, рослинна сировина може загорітися, а повітряно-пилова суміш вибухнути. Причинами загоряння є припинення потрапляння до барабана вологих часток біомаси за умов надходження до барабана продуктів згоряння з топки, наявність кишень в барабані з пересушеними (обвугленими) частками біомаси.

Накопичений пил у системі надходження рослинних часток, потрапивши до газового потоку, миттєво згорає, що призводить до вибуху сушарки. Небезпечним є порушення режиму роботи топки з отриманням продуктів неповного згоряння (генераторного газу), які після заповнення системи можуть спалахнути у разі наявності іскор. Згідно із статистичними даними основною причиною виходу з ладу технологічного обладнання пелетного виробництва є пожежі у ньому.

Особливу небезпеку становлять гарячі частки з температурою понад 470 °С та енергією понад 40 МДж, що можуть бути джерелами загоряння. Інколи це можуть бути навіть частки без яскравої світимості („темні” частки).

У сушарці барабанного типу рослинна сировина характеризується різним ступенем вологості, а також існують проблеми з дозуванням сировини. Тому в барабані може з'явитися пересушена сировинна біомаса. Також біомаса може налипати у циклонах і трубопроводах. Гарячі частки вилітають з димоходів, а температура загоряння змінюється залежно від шару біомаси.

Для виявлення таких іскор, як потенційних джерел займання, у магістралях на входах до фільтра та до бункера встановлюють

---

інфрачервоні детектори. В детекторах чутливі елементи побудовано на сульфіді свинцю. Це дозволяє виявляти як іскри, так і „темні” частки високої енергії з температурою 250 °С та вище. Їх перевагою щодо силіконових фотодетекторів, які реагують на світло від іскор, є нечутливість до денного світла.

**Висновок.** Комплексні рішення запобігання пожежам на пелетних виробництвах мають передбачати вчасне виявлення іскор, ефективно їх гасіння та систему контролю стану безпеки.

## ПЕРСПЕКТИВИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМ АКУМУЛЮВАННЯ ЕНЕРГІЇ В ГАЛУЗІ ВІТРОЕНЕРГЕТИКИ

*Купчук І.М., кандидат технічних наук, старший викладач  
Андронік В.П., студент, спеціальність 208 «Агроінженерія»  
Вінницький національний аграрний університет*

В країнах ЄС, на даний час галузь вітроенергетики є найбільш перспективною та такою, що характеризується стрімкою динамікою нарощування об'ємів генерації для виробництва електроенергії (рис. 1) [1].

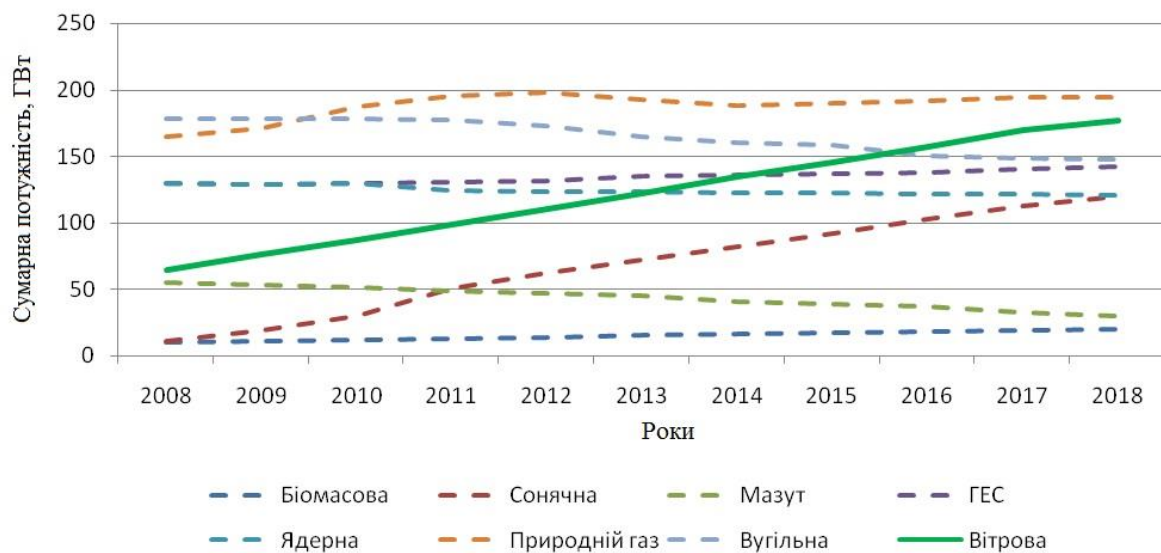


Рис. 1 – Сумарна потужність електрогенерації в ЄС 2008-2018 рр.

Для ефективною генерації електричної енергії сучасними вітрогенераторами (вертикальними та гребневими) достатньою є швидкість вітру від 1,0 – 1,5 м/с, а номінальний режим роботи починається при 2-3 м/с [2], що відповідає метеорологічним показникам території Вінницької області та підтверджує можливість використання ВДЕ [3]. При цьому нівелювати вплив стохастичності вітрового навантаження та, як наслідок, стабілізувати графік вироблення електричної енергії можна за рахунок використання комбінованих систем енергозабезпечення, зокрема вітро-сонячного типу та оснащення їх сучасними високоефективними системами зберігання електроенергії. Тому дослідження присвячені створенню та оптимізації таких систем є **актуальними** та мають практичну цінність.

Технічні рішення щодо резервування енергії мають різну вартість, ємність та швидкодію (рис. 2, 3), а вибір тієї чи іншої системи потрібно

здійснювати з огляду на конкретні вимоги до виробничих процесів підприємства, графік добового та річного споживання енергії, склад та параметри автономної енергетичної системи тощо [2].

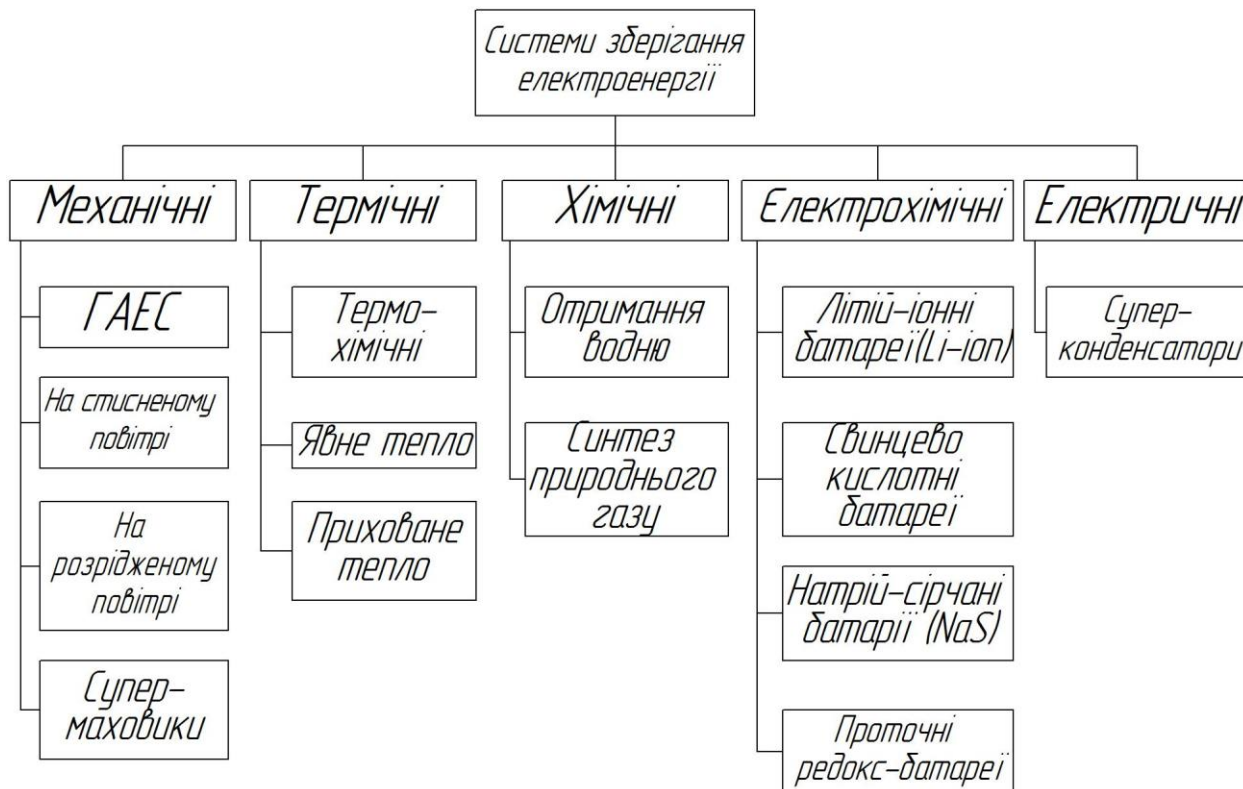


Рис. 2 – Основні типи систем зберігання енергії [2]

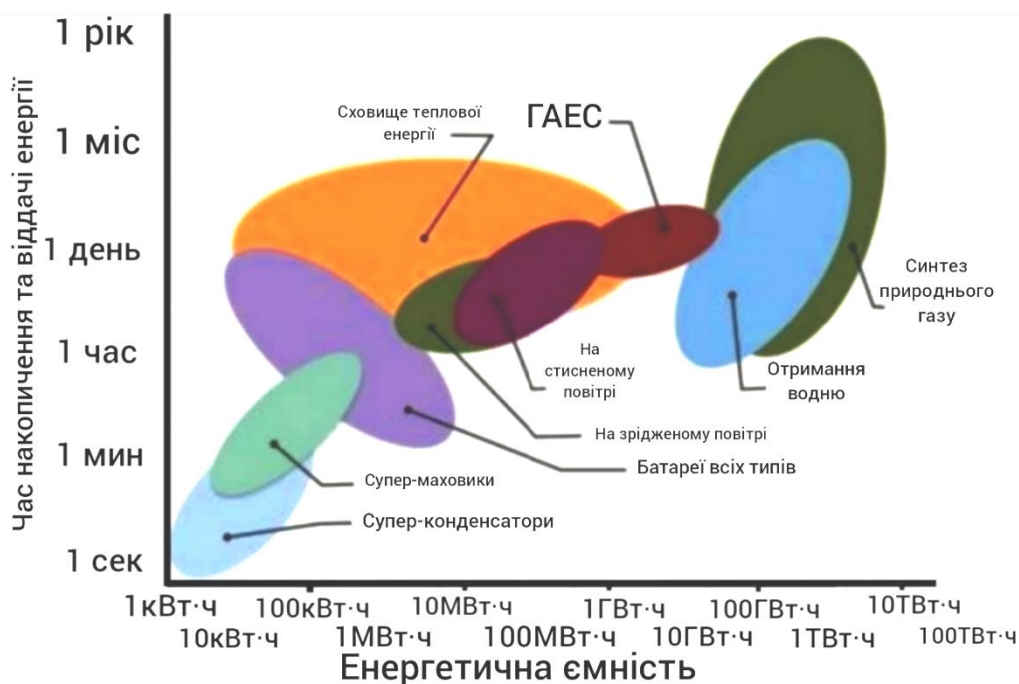


Рис. 3 – Хакаактеристика систем акумулювання енергії



З огляду на простоту конструкції, високу надійність та високу швидкодію акумулювання/віддачі енергії, маховики успішно конкурують з іншими технологіями в області зберігання енергії, особливо при вітрогенерації. Як відомо, одним із найбільш вагомих параметрів маховика є його момент інерції, що характеризується квадратичною залежністю від його радіуса, а збільшення цього показника має прямопропорційний вплив на енергетичну ємність системи при акумулюванні кінетичної енергії.

Проте, при великих значеннях інерційності є можливим виникнення ситуації, коли маховик спричиняє гальмування вітродвигуна та роботу асинхронного генератора в режимах нижче номінального, як наслідок це призведе до зменшення ККД вітроелектростанції. При надлишковому вітровому навантаженні, низькі значення моменту інерції можуть спричинити ситуацію, коли енергоємність маховика менша за надлишок, що створюється вітродвигом, а генератор працює в режимі перевантаження, тобто вище номінального значення [4].

Враховуючи вищесказане, на базі лабораторії «Теорії механізмів і машин» Вінницького національного аграрного університету була запропонована схема маховика з чотирма інерційними елементами, що розташовані опозитно один відносно одного та рівновіддалені від осі обертання (рис. 4) [4, 5].

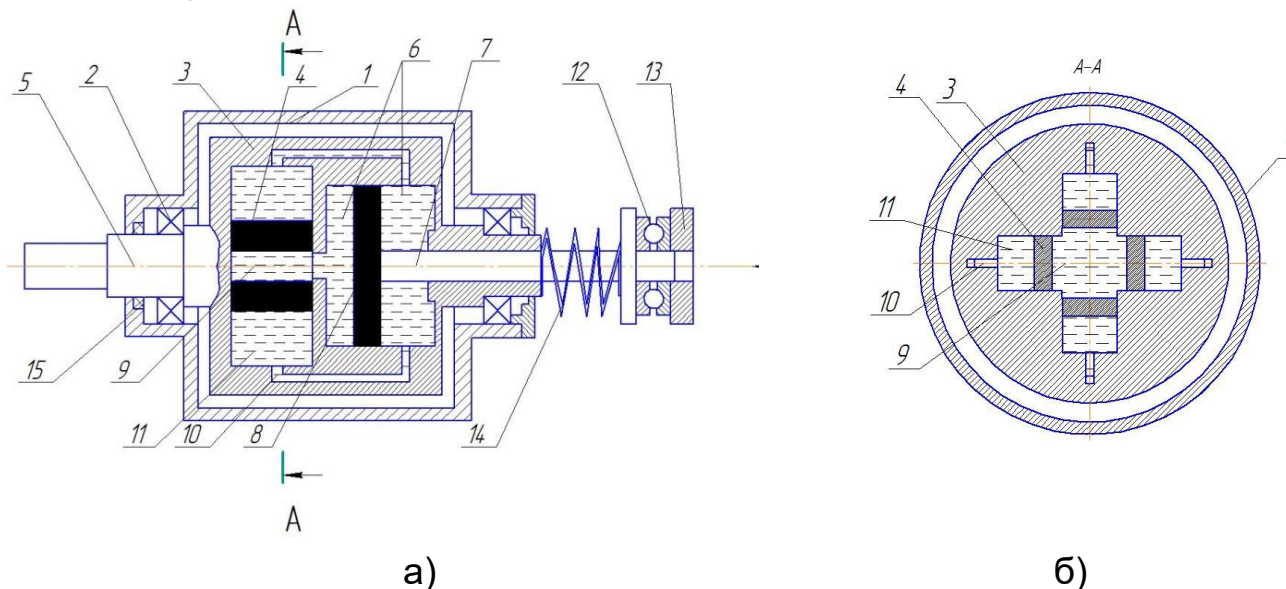


Рис. 4 – Маховик: а) – Принципова схема; б) переріз за А-А:

1 – корпус; 2 – опори; 3 – основа; 4 – інерційні елементи; 5 – приводний вал; 6 – гідроциліндр; 7 – шток; 8 – поршень; 9, 11 – порожнина; 10 – канали; 12 – упорний підшипник; 13 – натискний пристрій; 14 – пружина; 15 – ущільнення.

В запропонованій конструкції, після прикладання сили  $F$  до натискного пристрою 13 відбувається стиснення пружини 14 та переміщення штока 7 з поршнем 8 ліворуч, що зумовлює стиск та подачу робочої рідини з лівої частини робочої камери гідроциліндра 6 в порожнину 9 та відповідно переміщення інерційних елементів 4 від осі обертання до периферії. Водночас це призводить до витіснення робочої рідини з порожнини 11 та подачі її через канали 10 в праву частину робочої камери гідроциліндра 7. При знятті сили  $F$  натискного пристрою 13 під дією пружини 14, шток 7 з поршнем 8 рухається в зворотному напрямку, що призводить до перерозподілу об'ємів робочої рідини та переміщення інерційних елементів від периферії до осі обертання [5].

При запуску вітрогенератора маховик потрібно налаштувати на мінімальне значення моменту інерції ( $e_E = \min$ ). При надлишку вітрового навантаження до натискного пристрою прикладають силу  $F$ , збільшуючи момент інерції до значення коли кількість обертів вітрогенератора буде рівна номінальній кількості обертів генератора ( $n_{ВД} = n_G$ ). У випадку провалу вітрового навантаження запас кінетичної енергії маховика, деякий проміжок часу, забезпечуватиме роботу асинхронного генератора у номінальному режимі. Для нівеляції гальмівного ефекту при частковому зменшенні сили вітру, потрібно зняти силу  $F$  з натискного пристрою, до моменту, поки генератор не вийде на номінальний режим роботи [4].

На нашу думку, запропоноване конструктивне рішення є одним із перспективних варіантів стабілізації роботи вітроенергетичної системи автономного електропостачання, а його використання дає можливість безступеневої зміни радіуса  $r_m$  в режимі реального часу, тобто забезпечує можливість адаптивного керування значенням моменту інерції  $J$ , а як наслідок, енергоємністю  $E$  системи накопичення.

### Список використаних джерел

1. Wind Europe. European Statistics – Statistics. Wind energy in Europe in 2018 – Trends and statistics. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://windeurope.org/wp-content/uploads/files/about-wind/statistics/WindEurope-Annual-Statistics-2018.pdf> (дата звернення – 21.12.2019).

2. Калетнік Г.М. Перспективи підвищення енергетичної автономії підприємств агк в рамках виконання енергетичної стратегії України / Г.М. Калетнік // Вісник аграрної науки Причорномор'я. – 2019. – Вип. 4. – С.90-98. (DOI: 10.31521/2313-092X/2019-4(104)).

3. Український гідрометеорологічний центр [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://meteo.gov.ua/ua/33345/climate/climate\\_stations/](https://meteo.gov.ua/ua/33345/climate/climate_stations/) (дата звернення – 14.05.2020).

4 Солона О.В. Перспективи стабілізації роботи вітроенергетичної системи автономного електропостачання / О.В. Солона, І.М. Купчук // Аграрна наука та освіта в умовах євроінтеграції: збірник наукових праць міжнар. наук.-практ. конф. Ч.2. (20-21 березня 2019 р., м. Кам'янець-Подільський). – Тернопіль : Крок, 2019. – С. 86-88.

1. Пат. № 124327 України, МПК F16F 15/30 (2006.01). Маховик «VDMI» / Янович В.П., Купчук І.М.; власник Вінн. нац. аграр. ун-т № u201707514; заявл. 17.07.2017; опубл. 10.04.2018, Бюл. № 7.

УДК 662.763

**ОЦІНКА ВИХОДУ БІОГАЗУ ПРИ СУМІСНОМУ ЗБРОДЖУВАННІ ГНОЮ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ З ФУЗОМ***<sup>1</sup>Поліщук В.М., к.т.н., доцент, <sup>2</sup>Білецький В.Р., к.т.н., доцент**<sup>1</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України**<sup>2</sup>Поліський національний університет*

Гній великої рогатої худоби часто використовується для отримання біогазу. Це доступний субстрат, який вже містить в своєму складі метаноутворюючі бактерії, що покращує процес метаногенезу. Субстрати із гною великої рогатої худоби мають ідеальні показники (рН, співвідношення азоту і вуглецю тощо) для життєдіяльності спільноти метаноутворюючих бактерій. Разом із тим, внаслідок наявності в гної великої кількості сирової клітковини, вихід біогазу при його зброджування відносно низький.

Для збільшення виходу біогазу практикується спільне зброджування гною великої рогатої худоби з сільськогосподарською сировиною: зеленою масою і силосом трави, кукурудзи, її сумішшю з соняшником. Разом із тим, цю сировину можна використовувати в якості корму для сільськогосподарських тварин та продуктів харчування для людини. Тому для поліпшення виходу біогазу із гною великої рогатої худоби бажано використовувати більш дешеву сировину – відходи виробництв, при цьому зменшуються витрати на їх утилізацію.

Метою роботи є підвищення виходу біогазу на біогазових установках за рахунок використання стимулюючої добавки у вигляді фузу (осаду рослинної олії) при переході від періодичного до квазібезперервного режиму завантаження метантенка. Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні завдання: визначався вихід біогазу із гною великої рогатої худоби при різних температурних режимах з періодичним завантаженням метантенка; оцінювався вихід біогазу при зброджуванні гною великої рогатої худоби з додаванням фузу; за допомогою математичної моделі прогнозувався вихід біогазу для квазібезперервного режиму завантаження метантенка. Дослідження проводились на лабораторній біогазовій установці, що складається із метантенка корисним об'ємом 30 л і газгольдера мокрого типу. У метантенк завантажувалась порція субстрату вагою 8,5 кг, який складався із 3,5 кг гною великої рогатої худоби та 5,0 кг води, до яких додавався фуз. Вихід біогазу фіксувався по

підняття циліндра-рівнеміра мокрого газгольдера за допомогою закріпленої на ньому шкали, відградуваної у сантиметрах. Біогаз спалювався на газовій плиті. Теплота згоряння біогазу визначалася за його елементним складом, який фіксувався газоаналізатором. Найбільш важливими результатами є наступні: за даними експериментальних досліджень виходу біогазу при періодичному режимі завантаження з використанням даної моделі забезпечується прогнозування виходу біогазу для квазібезперервного режиму завантаження метантенка. В результаті експериментальних досліджень встановлено, що при монозброджуванні гною великої рогатої худоби максимальний вихід біогазу спостерігається на 3-8 добу бродіння, після чого поступово зменшується. При зброджуванні субстрату на основі гною великої рогатої худоби з додаванням фузу на 11 добу бродіння кумулятивний вихід біогазу становив 273,6 л/кг СОР (сухої органічної речовини), що майже в три рази більше, ніж при зброджуванні гною великої рогатої худоби без додавання ко субстрату (99,2 л/кг СОР). На 48 добу бродіння кумулятивний вихід біогазу при зброджуванні гною великої рогатої худоби з додаванням фузу доходить до 1504,1 л/кг СОР. При додаванні до субстрату 1,3% фузу вихід біогазу збільшується і сягає максимального значення на 20 добу (2,073 л/год.кг (СОР)), після чого плавно зменшується, тоді як при монозброджуванні гною великої рогатої худоби – на 3-8 добу. Значимість результатів досліджень полягає в тому, що використання фузу як ко субстрату дозволить майже в три рази збільшити вихід біогазу, зменшити термін окупності біогазової установки потужністю 4 МВт при використанні "зеленого" тарифу до 5,1 року.

УДК 631. 354.2

**АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЗБИРАЛЬНИХ МАШИН**

*Задорожний І.С., Кравчук Д.О. магістранти  
Поліський національний університет*

Надійність збиральної техніки значною мірою залежить від технологічного процесу який закладено в основу її розробки. Технологічні схеми збирання зернових культур, до певного часу, базувались на концентрації великої кількості операцій, викликаних необхідністю одночасного збору зернової та стеблової маси. За такої технологічної схеми, зернозбиральні машини мають велику кількість механізмів, що безперечно підвищує ймовірність технічних відмов.

На сучасному етапі розвитку зернозбиральної техніки, широко використовується роздільний спосіб збирання, окремо зернової та незернової частини врожаю. Концентрація операцій при цьому та кількість механізмів зменшується, внаслідок чого ймовірність технічних відмов і загальна енергоємність машин знижуються.

Підвищення продуктивності збиральних агрегатів викликає особливо підвищені вимоги до їхньої надійності, оскільки простій з технічних відмов приносить відчутну шкоду господарству або зовсім паралізує збиральні роботи.

Зернозбиральні машини працюють в складних польових умовах. При взаємодії з потоком рослин можливі раптові аварійні пошкодження робочих органів особливо при попаданні разом з стебловою масою різних сторонніх предметів. Аварійні пошкодження можуть виникнути і в результаті втомлюючої дії циклічних навантажень, або перевантажень обумовлених нерівномірною подачею стеблової маси. Аварійні пошкодження характеризуються інтенсивністю їх проявлення і займають значне місце серед причин виходу з ладу робочих органів збиральних машин.

Особливе місце у роботі механічних систем займають відмови пов'язані зі зношенням деталей механізмів і вузлів. Відмови, що обумовлені зношенням деталей займають суттєву долю серед інших відмов характерних і для збиральних машин, які в більшій мірі проявляються з часом експлуатації.

Аналітичний огляд механічних приводів зернозбиральних машин, показав, що широко застосовують ланцюгові передачі – 53...57%, пасові

передачі – 31...35%, а також закриті зубчасті передачі – 11...12%) та інші види передач – близько 5%.

Загальний аналіз надійності збиральних машин показав, що найбільше число відмов пов'язано з відмовами у вузлах механічних приводів і складає 67...70%, а найуразливішими вузлами є пасові передачі 45...48% відмов.

У відсотковому відношенні більш 75% всіх видів відмов пасових передач можна віднести до відмов паса і лише близько 25% відмов пов'язані з відмовами опор або шківів. Це пояснюється міцністю та якістю матеріалів, які використовуються для виготовлення ременів, тоді як шківів та опори виготовляються з високоміцних сталей, що дозволяє витримувати високі навантаження і зберігати працездатність впродовж всього терміну служби вузла.

Вирішуючи завдання підвищення надійності збиральних машин, необхідно розглядати їхню надійність в цілому, тобто Надійність зернозбирального комбайна, як складної системи, визначається надійністю складових його елементів.

### **Список використаних джерел**

1. Бойко А.І. 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, 2010. – Вип.14. – С. 72-78.
2. Погорілий Л.В. Зернозбиральна техніка: проблеми, альтернативи, прогноз / Л.В. Погорілий, С.М. Коваль // Техніка АПК. – 2003. №7. – С. 4-7.

## ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА В СИСТЕМАХ ЖИВЛЕННЯ COMMON-RAIL

**Домінський В.О.,**  
*студент магістратури,*  
*Поліський національний університет*  
*(Науковий керівник - д.т.н., проф. С.М. Кухарець).*

З точки зору викидів парникових газів, найбільш прийнятною альтернативою дизельному паливу на сьогодні є біодизельне паливо, яке є біопаливом, яке в основному отримують з рослинних олій. Це біопаливо було широко вивчене та випробуване в минулі роки і його властивості дуже подібні до властивостей дизельного палива тому його можна використовувати як у сумішах з дизельним паливом так і окремо. Крім дизельного біопалива, в якості альтернативи також можуть використовуватися гідролізні палива (HVO). Основними питаннями, пов'язаними з використанням дизельного біопалива, є його виробнича собівартість, тому для економічно привабливого виробництва такого палива потрібні великі обсяги олій, а це обмежує розвиток такого виробництва. Можливість використання HVO в якості палива розширить альтернативи використання та полегшить його виробництво. Це призведе до скорочення викидів парникових газів як з виробничих установок, так і від дизельних транспортних засобів, а також до зменшення залежності від викопних палив. З іншого боку, доступність земель, які можуть бути присвячені олійним культурам, обмежена, тому дизельне біопаливо не може розглядатись як глобальна альтернатива паливу. Раціональне використання дизельного біопалива, однак, може представляти рішення у деяких сферах застосування, наприклад, громадському транспорті, гібридних та морських двигунах, енергоблоках тощо. Ситуація може змінитися із застосуванням нафти з водоростей, які є дуже перспективними. Незважаючи на великий інтерес до цієї теми, використання дизельного біопалива в сучасних дизельних двигунах в автомобільній конфігурації поки що недостатньо вивчене, проте в науковій літературі з'являється все більша кількість досліджень. На мою думку, також важливим є вивчення викидів із дизельних двигунів, що працюють на різних видах палива, зокрема на класичному дизельному паливі, на класичному дизельному біопаливі та HVO паливі.



Необхідно зауважити, що фізична властивість палива, яка найбільше впливає на поведінку двигуна, - це в'язкість, оскільки чим більше в'язкість, тим більше відмов може статися в системі подачі. Більше того, в'язкість палива є причиною утворення відкладень у камері згоряння, каналах подачі, фільтрах тощо. Оскільки на в'язкість сильно впливає температура, як повідомлялося в кількох дослідженнях, попереднє нагрівання палива є загальноживаним рішенням для зменшення в'язкості. Для того, щоб мати в'язкість, порівнянну з ДП, БП слід нагрівати до приблизно 90 °С, таким чином, це температура, яку повинна забезпечувати система живлення двигуна на дизельному біопаливі.

Ми пропонуємо установити удосконалену систему живлення дизельного двигуна на двигун Renault dci K9K (рис. 1) 4-х тактний, звичайний, багатореактивний, із турбонаддувом. Двигун, зазвичай встановлений на фургонах для перевезення вантажів і пасажирів, знаходиться в автомобільній конфігурації, оснащений електронним блоком управління.



Рис. 1. Загальний вигляд двигуна Renault dci K9K

Модернізована система живлення складається з двох паливних баків (для дизельного палива та біопалива) в паливному баку для дизельного біопалива додатковий паливний насос, нагрівальні елементи і датчики для вимірювання фактичної температури дизельного біопалива (рис. 2).

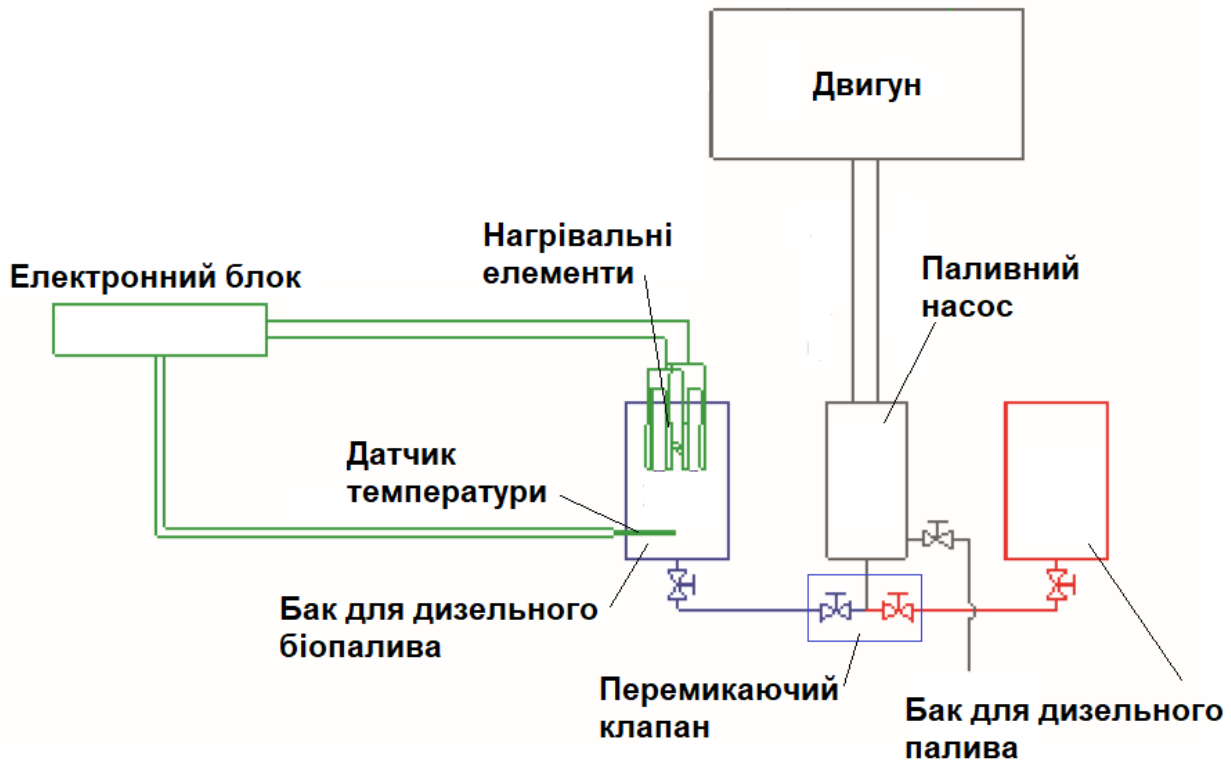


Рис. 2. Система для живлення дизельним біопаливом двигунів common-rail

Паливний насос підключений до перемикаючого клапана для подачі палива в двигун одного із видів палива. Кожен з двох паливних баків оснащений паливним фільтром, у випадку дизельного палива - це класичний паперовий фільтр з мікрОВОлокна, який зазвичай використовується в автомобілях, а для того, щоб уникнути проблем через високу в'язкість рослинних масел, другий бак обладнаний пластиковим фільтром, який зазвичай використовується у вантажних автомобілях та тракторах. Температуру всередині резервуара з рослинним маслом контролює електронний блок Gefran 1000, який, в свою чергу, активує чи деактивує чотири нагрівачі, занурені в паливо.

## **АНАЛІЗ СТРАТЕГІЙ РОБОТИ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА В ПРОЦЕСІ ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР**

**Смолінський С.В., к.т.н., доцент**

*доцент кафедри сільськогосподарських машин та системотехніки  
ім. акад. П.М.Василенка*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Основним технічним засобом, який використовується при збиранні зернових культур у світі, є самохідний зернозбиральний комбайн. Враховуючи габаритно-масові та енергетичні характеристики, а також особливості протікання робочого процесу, комбайни є енергонасичені динамічні системи.

Одночасно з цим, зернозбиральні комбайни не завжди ефективно виконують процес збирання, оскільки на показники ефективності функціонування зернозбиральних комбайнів впливають умови збирання, властивості хлібостою і зернових культур в цілому та параметри і режими роботи зернозбиральних комбайнів та окремих їх робочих органів. Всі фактори внаслідок ряду причин є мінливими в широкому діапазоні і взаємопов'язаними. Одночасно з цим і якісні показники роботи збирального агрегата також будуть змінюватися.

Оскільки робочий процес комбайна оцінюється якісними, економічними, енергетичними та іншими показниками, необхідно забезпечити ефективну роботу, незважаючи на змінні умови, шляхом регулювання режимів роботи окремих робочих органів та комбайна в цілому. Це досягається оператором з робочого місця або застосуванням в схемі зернозбирального комбайна систем адаптації, які містять блоки контролю і оперативного управління режимами роботи.

Системи адаптації працюють переважно в автоматичному режимі і забезпечують оптимальні режими роботи без активного впливу оператора (оператор здійснює загальне налаштування системи, контроль за якістю роботи та вплив на роботу збирального агрегата у екстрених випадках). Крім того, системи мають здатність до самонавчання.

Для ефективного налаштування на збирання за відповідних умов в системи адаптації можуть бути завантажені основні стратегії із визначеними комбінаціями режимів роботи комбайна. Проаналізуємо деякі із них.

В схемі зернозбиральних комбайнів IDEAL компанії FENDT серед встановлених стратегій системи автоматичного налаштування IDEALHARVEST визначено: мінімізація пошкодження зерна; мінімізація втрат зерна; оптимальна чистота зерна; оптимальна пропускна здатність. Згідно стратегій налаштовується на відповідні значення частота обертання ротора, швидкість повітряного потоку від вентилятора, зазори в решетах та швидкість руху комбайна.

В зернозбиральних комбайнах CASE використовується система автоматичної адаптації режимів роботи комбайна (за умови оптимальної продуктивності і якості роботи) AFS HARVEST COMMANDTM. Основними стратегіями, які визначені в цій системі є: режим якості зерна (встановлення режимів роботи з метою забезпечення якісних показників зерна); режим продуктивності (налаштування швидкості процесу і забезпечення встановленого значення втрат зерна в молотарці); режим фіксованої пропускної здатності (мінімізація втрат зерна величиною робочої швидкості руху комбайна); режим максимальної пропускної здатності (досягання граничної потужності з мінімізацією втрат зерна в молотарці).

На основі проведеного аналізу вимог до зібраного врожаю пропонується використовувати наступні основні стратегії роботи зернозбиральних комбайнів (при цьому, кожній із зазначених стратегій відповідає модель оптимального керування, яка завантажується в систему адаптації та є основою для вироблення управляючого сигналу):

«Продовольче зерно» - показники якості роботи мають відповідати агротехнічним вимогам при мінімізації енергетичних та економічних затрат:

$$E_n\{X(Z), Z\} \rightarrow \min; E_k\{X(Z), Z\} \rightarrow \min; \\ V_3\{X(Z), Z\} \in [B_3]; P_3\{X(Z), Z\} \in [P_3]; Ч_3\{X(Z), Z\} \in [Ч_3];$$

«Високоякісне зерно» - мінімізація пошкодження зерна і максимальна його чистота при допустимих значеннях інших показників:

$$P_3\{X(Z), Z\} \rightarrow \min; Ч_3\{X(Z), Z\} \rightarrow \max; V_3\{X(Z), Z\} \in [B_3];$$

«Селекційне зерно» - мінімальні значення втрат і пошкодження зерна при допустимих інших показниках:

$$V_3\{X(Z), Z\} \rightarrow \min; P_3\{X(Z), Z\} \rightarrow \min; Ч_3\{X(Z), Z\} \in [Ч_3]; \dots$$

«Фуражне зерно» - більш повне збирання врожаю із допустимими показниками згідно вимог:

$$B\{X(Z), Z\} \rightarrow \min; P\{X(Z), Z\} \in [P3]; Ч\{X(Z), Z\} \in [Ч3];$$

«Швидке збирання» - максимальна продуктивність (показники якості можуть контролюватися, а за певних умов деякими із них, наприклад втратами зерна, нехтують)

$$W\{X(Z)\} \rightarrow \max; \dots$$

Головними обмеженнями, які приймаються при цьому є:

множина режимів роботи відповідного зернозбирального комбайна має відповідати робочому діапазону значень його режимів роботи:  $X(Z) \in [X]$ ;

умови збирання мають відповідати визначеним умовам функціонування збиральної машини:  $Z \in [Z]$ .

## ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА ТРАЄКТОРІЮ РУХУ ЧАСТИНОК ҐРУНТУ ПРИ ОБРОБІТКУ ДИСКОВИМИ РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ

**Забродський П.М.**, кандидат технічних наук, доцент,  
**Шелудченко Б.А.**, кандидат технічних наук, професор  
*Поліський національний університет*

Серед головних завдань, які вирішуються обробіткою ґрунту дисковими робочими органами є заробка рослинних залишків. Для цього важливим є те, щоб зрізаний шар ґрунту перевертався, ховаючи під собою рослинні залишки. Наскільки якісно це відбувається при обробітці стандартними дисковими органами і шляхи поліпшення цього показника обробітці можна встановити визначивши траєкторії руху частинок ґрунту після сходження їх з площини диску. При обробітці після відриву від основної маси ґрунту частинки його рухаються під дією сили тяжіння, сили тертя, сил нормального тиску з боку дисків і сил інерції. Спочатку частинки ґрунту ковзають по поверхні диску, потім відриваються від неї і, здійснивши невеликий політ падають на землю. Траєкторія руху частинок після відділення від поверхні диску значною мірою залежить від точки відриву від поверхні диску і висоти цього відриву. Рух частинок ґрунту по поверхні диску вивчено в ряді досліджень.

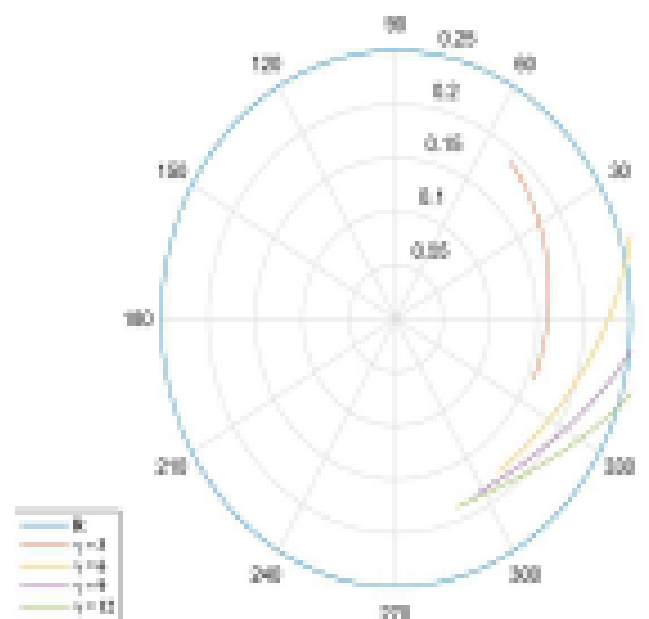


Рис. 1. Траєкторії руху частинок ґрунту в залежності від кута встановлення диску при глибині обробітці 12 мм [1].

Так, наприклад, в роботі [1] показано, що траєкторія руху частинок ґрунту по поверхні диску залежить від кута встановлення диску (рис. 1). Чим менший кут встановлення тим вищою є точка відриву частинок ґрунту.

Після відриву від поверхні диску рух частинок ґрунту підкоряється законам руху для тіла кинутого під кутом до горизонту і представляє собою параболу. В дослідженні [2] пропонують визначати довжину відкидання частинок ґрунту за формулою:

$$L = v_{ay} t_{\pi},$$

де  $v_{ay}$  – проекція абсолютної швидкості на вісь;  $t_{\pi}$  – час вільного польоту частинку ґрунту.

В роботі [3] довжину відкидання частинок ґрунту в роботі пропонують визначати з залежності:

$$L = 2 \cos \lambda \cos \sigma \left( 1 - \operatorname{tg} \varphi_0 \operatorname{ctg} \lambda \left( \frac{\cos \psi - \frac{\cos \sigma_0}{\cos \sigma}}{\sin \psi \operatorname{ctg} \lambda} \right) \right) \frac{v_0^2}{g},$$

де  $\lambda$  – кут між внутрішньою нормаллю до робочої поверхні диску і віссю OX;  $\sigma$  – кут між внутрішньою нормаллю до робочої поверхні диску і віссю OZ;  $\varphi_0$  – кут тертя ґрунту по поверхні диску;  $\psi$  – кут між нормаллю і швидкістю даної точки робочої поверхні диску;  $v_0$  – швидкість руху агрегата.

Загальним для цих і інших досліджень є те, довжина відкидання частинок ґрунту залежить від швидкості руху агрегату і фізико-механічних властивостей ґрунту. В той же час дослідження [4] показало, що коефіцієнт тертя  $f$  ґрунту по поверхні диску, який і враховує фізико-механічні властивості ґрунту має незначний вплив на траєкторію руху частинок. Так збільшення коефіцієнта тертя ґрунту на поверхні диска від  $f = 0$  до  $f = 0,3$  призводить до зміна траєкторій руху частинок ґрунту в межах діапазону 3–6%.

Таким чином встановлено, що для оцінки заробки рослинних залишків дисковими робочими органами необхідно визначати траєкторії руху частинок ґрунту після відриву їх від поверхні дискового робочого органу. Вирішальними факторами які впливають на довжину відкидання частинок ґрунту є швидкість руху агрегата і кути встановлення і атаки диску.

## Література.

1. Валиев А.Р. Исследование процесса движения почвы по рабочей поверхности дискового культиватора. *Вестник Казанского ГАУ* № 3(45) 54-59, 2017.
2. Бахтин А.А. Разработка и обоснование параметров ротационного рабочего органа для междурядной обработки картофеля. Автореф. дисс. к.т.н. Казань, 2003, 19 с.
3. Курушин В.В. Определение диаметра сферического диска / В.И. Курдюмов, В.В. Курушин // Материалы международной научно-практической конференции «Энергоэффективность технологий и средств механизации в АПК», Саранск. 161-164, 2011.
4. Serhii F. Pylypakaа, Mykola B. Klendiib, Oleksandra M. Klendiib. Particle motion on the surface of a concave soil-tilling disk. *Acta Polytechnica* 58(3):201–208, 2018



УДК 662.8:331.45

## **АНАЛІЗ НЕБЕЗПЕК І ШКІДЛИВОСТЕЙ НА ВИРОБНИЦТВІ ПАЛИВНИХ БРИКЕТІВ З БІОМАСИ**

**Єременко О.І.**, к.т.н., доцент, **Войналович О.В.**, к.т.н., доцент,  
**Лись О.М.**, студент магістратури

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

На виробництвах паливних брикетів з біомаси використовують різноманітне обладнання, експлуатація якого характеризується наявністю небезпечних і шкідливих чинників. Зокрема, це бункери-накопичувачі, транспортери (скребкові, стрічкові), циклони, сушарки барабанного типу, дробарки (молоткові, роторні), шнекові преси (для виготовлення біопаливних брикетів), охолоджувачі сформованих виробів та торцювальні пристрої [1, 2]. Створювані обладнанням небезпечні і шкідливі чинники можуть несприятливо впливати на працівників, призводити до нещасних випадків та аварійних ситуацій на виробництві.

Згідно з інформаційними джерелами [2] до найбільш небезпечного обладнання належать дробарка, сушарка, шнековий брикетний прес (екструдер) та торцювальний пристрій. Технологічні процеси цього обладнання призводять до суттєвої запыленості та загазованості робочої зони, характеризуються підвищеними шумом і температурою поверхні обладнання та матеріалів.

Працівники можуть зазнати травм під час роботи з молотковою дробаркою, торцювальним пристроєм та іншим обладнанням, зокрема травмувати кінцівки внаслідок захоплення обертовими робочими органами чи під час налагоджування обладнання і знімання брикетів.

Під час виготовлення паливних брикетів з рослинної біомаси працівники можуть обпекти руки, доторкнувшись до гарячих поверхонь технологічного обладнання. Зокрема, небезпечними є поверхня екструдерної частини преса та власно паливні брикети після екструзії, які можуть тліти. Також трапляються нещасні випадки під час екструзії, коли за вологості сировини понад 8 % утворюються парові пробки, а сировина вилітає з головки екструдера та травмує оператора. То ж проводити технічне обслуговування шнекового преса та пакувати брикети заборонено, якщо їх температура перевищує 40 С.

Високі рівні шуму (понад 80 дБА) реєструють у робочій зоні біля молоткової або роторної дробарки, брикетного преса та різака

торцювального пристрою, що вимагає улаштування технічних засобів безпеки для зниження шуму. Робочі місця поряд з транспортером, сушаркою, дробаркою, пресом, циклоном та торцювальним пристроєм характеризуються підвищеними рівнями вібрації внаслідок неурівноваженості рухомих (обертюваних) елементів.

Одним з шкідливих виробничих чинників є високодисперсний пил (0,8–5,0 мкм), що утворюється внаслідок подрібнювальних, екструзійних, та торцювальних процесів. До складу такого пилу входять органічні, металеві та мінеральні частинки. Концентрація пилу в повітрі може сягати від 30 мг/м<sup>3</sup> до 160 мг/м<sup>3</sup>.

Відомо, що під час нагрівання біомаси виділяється лігнін [1, 2], який вступає в молекулярне зчеплення з поверхнею деталей і біомасою, тобто відбувається прилипання частинок біомаси до поверхні шнека і корпусу, що призводить до адгезійного зношування та утворення шкідливих газів.

Під час виготовлення біопаливних брикетів у зоні екструзії утворюються шкідливі сполуки, зокрема оксид сірки, оксид і діоксид азоту, діоксид вуглецю, діоксид кремнію, метан, концентрація яких у робочій зоні може перевищувати гранично-допустимі значення, що несприятливо впливає на працівників та довкілля. Лігнін внаслідок адсорбції та дифузії атомів змінює хімічний склад поверхні робочих органів. Під дією високої температури, звільненої вологи та за слабокислого середовища біомаси відбувається хімічна реакція з поверхнею металу. Під час газифікації біомаси може створитися вибухонебезпечна суміш з метану та кисню з температурою димових газів 170-250 С.

Леткі гази від термодеструкції органічних речовин окрім того, що є вибухо- і пожежонебезпечними, належать також до токсичних речовин, які, потрапивши до організму працівника, зумовлюють зміни у центральній нервовій і судинній системах, в інших внутрішніх органах. Вдихання працівниками пилу протягом тривалого періоду призводить до хвороби дихальних шляхів (пневмоконіозу, хронічного пилового бронхіту тощо).

Для відведення з робочої зони дробарки, сушарки та брикетного преса загазованого, запиленого і задимленого повітря, що утворюється у зоні подрібнення, сушіння, екструзії та охолодження, рекомендують встановлювати витяжні пристрої (рис. 1), а після них для очищення повітря фільтри, скрубери або електрофільтри.

Доцільно улаштовувати термічні датчики для автоматичного відстеження зміни температури на робочих поверхнях сушарки, брикетного преса та торцювального пристрою, а також у місцях обслуговування, що

дозволить знизити ризик опіків. Працівників необхідно забезпечувати спеціальним одягом, рукавицями з термотривких матеріалів та захисними окулярами, що мають захищати очі від іскор та пилу.

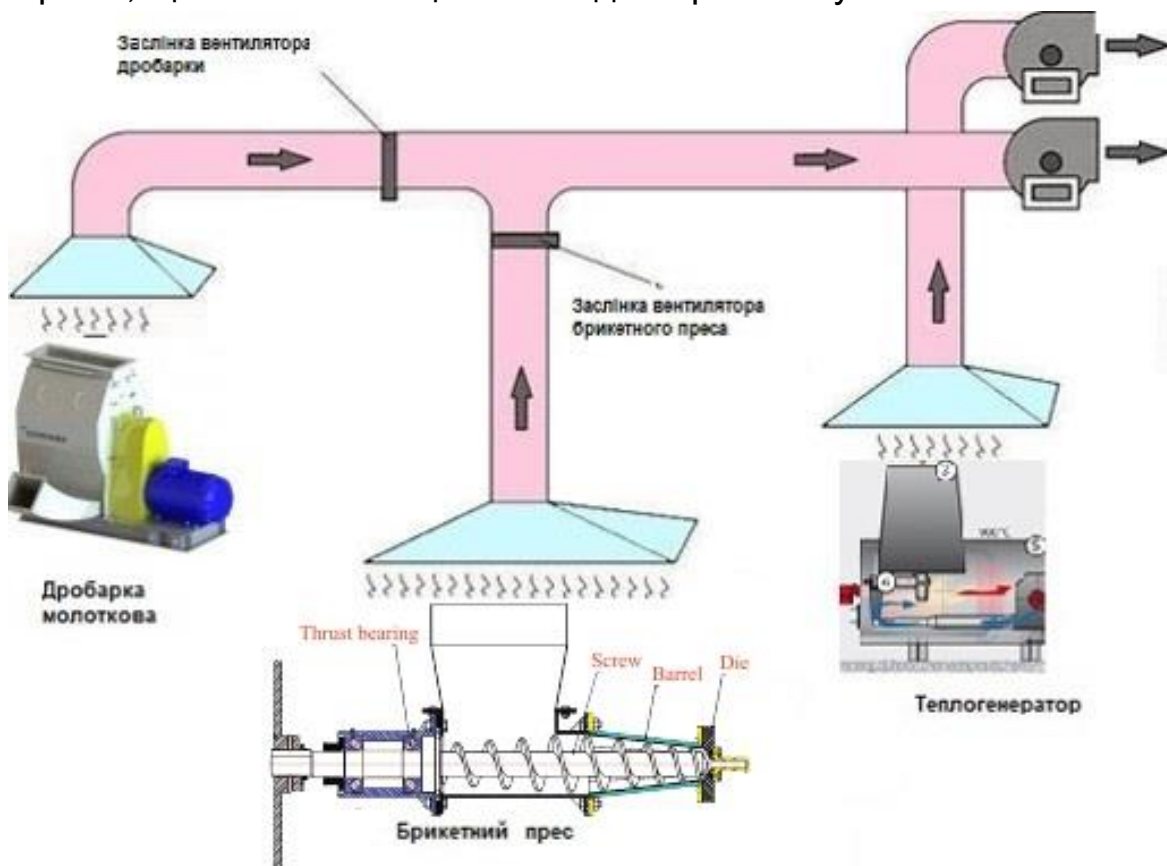


Рис. 1. Розроблення заходів зниження впливу шкідливих чинників на брикетному виробництві

**Висновок.** Аналіз небезпечних і шкідливих чинників та оцінення ризиків під час виробництва паливних брикетів з рослинної біомаси необхідні для підвищення ефективності заходів щодо зменшення дії таких чинників на організм людини та довкілля, запобігання виробничим травмам, професійним хворобам та техногенним аваріям.

#### Список використаних джерел

1. Єременко О.І. Перспективи розвитку засобів для виготовлення паливних брикетів / О.І. Єременко, О.В. Паянок // Збірник наукових праць Вінницького НАУ. Серія: технічні науки. – Вінниця: ВНАУ, 2012. – Вип. 11. – Т. 1 (65). – С.327-331.
2. Цимбал Б.М. Підвищення ефективності виконання заходів з охорони праці та екологічної безпеки під час експлуатації шнекових екструдерів / Б.М. Цимбал, В.А. Войтов, С.Р. Артем'єв та ін. - Х.: НУЦЗУ, 2018. - 172 с.

## PROSPECTS OF GROWING ENERGY CROPS ON MARGINAL LANDS FOR THE PRODUCTION OF HEAT IN UKRAINE

*Tryboi O.V., junior researcher, Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine, Marii Kapnist str., 2a, Kyiv, 03680, Ukraine.*

Heat production is a significant part of the energy balance of Ukraine. At present, more than 90% of heat energy is produced from fossil fuels, including 23% from coal. Reduction of the consumption of fossil fuels and increasing the share of the renewable energy sources (RES) in the energy balance is one of the main goals of Ukraine [1], which can be reached only by the attraction of biomass to the heat production and consumption sector. Energy crops can become the source of the stable supply of biomass for this.

In 2015, energy crops in Ukraine were grown on only 4,190 hectares of land, however, according to the State Statistics Committee of Ukraine, there are up to 4 million hectares of agricultural land not involved in the agricultural production that could potentially be used for energy crops plantations. Along with it, in the European Union there is a concern on using agricultural lands for non-food crops production [2] and obligation to use abandoned and severely degraded lands for growing energy crops [3], which biomass produced will be considered as of low indirect land use change (iLUC) risk. Taking into account this limitation, only marginal and underutilised lands should be considered for cultivation of energy crops plantations in Ukraine. According to the ecological passports of regions there are more than 1,4 million hectares of degraded and low-productive agricultural lands in Ukraine [4] (Table 1).

According to the Land Code of Ukraine degraded lands include land plots with eroded, overwetted, with high acidity or salinity, soil contaminated with chemicals and others. Low-productivity lands include agricultural land, the soils of which are characterized by negative natural properties, low fertility, and their economic use as intended is economically inefficient. According to the Land Code of Ukraine, conservation is subject to degraded and low-productive land, the economic use of which is environmentally hazardous and economically inefficient. Conservation of lands is carried out by terminating their economic use for a specified period and their grassing or afforestation [5]. Such grassy energy crops species like miscanthus, switchgrass, reed canary grass and short rotation coppice (SRC) as willow and poplar potentially can be used for conservation of such lands from degradation processes along with economic benefit from biomass production on them.

Another land category that should be considered for plantations of energy crops are waste lands, i.e. lands previously disturbed by mining sites, that require reclamation [6]. According to the ecological passports of regions [4], there are more than 22 355 hectares of waste lands in Ukraine (Table 1).

Table 1. Potential lands for plantations of energy crops with low iLUC risk.

Region of Ukraine	Require conservation, ha		Require reclamation, ha
	Degraded	Low-productive	Waste lands
Vinnitska	737 300		-
Volynska	944	6 495	
Chernihivska	3 700	5 700	0
Dnipropetrovska	-	-	-
Donetska	5 600		4 952
Zhytomyrska	6 651	21 019	1 543
Zakarpatska	14 270		-
Zaporizka	38 552	23 501	693
Ivano-Frankivska	-	-	-
Kyivska	208,8	837,8	725
Kirovohradska	226		748
Luhanska	314	5 908	1 103
Lvivska	1 300	2 100	8 720
Mykolaivska	44 720*	4 560	-
Odeska	84 382,3		1 500
Poltavska	36 400		230
Rivnenska	16 329		
Sumska	66 470		
Ternopil'ska	21 100		100
Kharkivska	1 701,2	3 233,7	6,7
Khersonska	71 427		-
Khmelnytska	40 328		-
Cherkaska	95 800	43 400	2 014
Chernivetska	1 900		21
Chernihivska	3 700	5 700	-
<b>Total</b>	<b>1 415 777,8</b>		<b>22 355,7</b>

\* together with contaminated lands

Growing of perennial grasses and SRC plantations on marginal and low-productive lands, taking into account lower yields, still can produce from 7,68 to 8,79 million tons of biomass with total energy content from 75 to 123 PJ. Use of half of these marginal lands for energy crops plantations could produce enough biomass for 7,84 GW of installed biomass heat capacities and give 84,78 PJ of heat, thus substituting all use of coal for heat production in Ukraine.

### References:

1. Energy Strategy of Ukraine till 2035 “Security, Energy efficiency, Competitiveness». Approved by the Order of the Cabinet of Ministers of 18.08.2017 № 605-p.
2. EU Directive 2018/2001 on the promotion of the use of energy from renewable sources (recast). Access mode: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001&from=EN>
3. EU Commission Delegated Regulation 2019/807 supplementing EU Directive 2018/2001. Access mode: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0807&qid=1590417206317&from=EN>
4. Ecological passports of the regions of Ukraine. Access mode: <https://menr.gov.ua/news/33529.html>
5. Land Code of Ukraine. Access mode: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14>
6. Shkvirko O., Tymchuk I., Holets N., Malovanyy M. Overview: The Prospect of the Use of Energy Crops for Biological Reclamation of Disturbed Lands. Environmental Problems. Vol.4, No.2. - 2019.

## THE FUTURE OF THE RAILWAYS IN HUNGARY: MORE GREEN ELECTRIFICATION, LESS DIESEL

**ERDEI A.**

*MSc. PhD student, Chief vehicle designer  
Szent István University, MÁV-START Zrt.*

**Key words:** Railway, hybrid drive, emission

### **Abstract**

Fixed-track vehicles cannot escape the strict carbon rules in Europe: as decided by Parliament and the Council, only those diesel engines can be placed on the market from 1 January 2021 that meet Stage V emission limits. The regulations are so strict that currently manufacturers do not offer any diesel-powered railway vehicles that can meet them. Of course, old DMU (Diesel Multiple Units) and locomotives may be running for the time being, but the International Railway Association (UIC) is preparing to require zero-emission operation for its members by 2050.

Trains built today will only be in “mid-life” by 2050, when targeted demand greenhouse gas emissions must be reduced to zero. This means that zero-carbon trains need to be ordered and delivered from 2025 onwards to stay on track with this timeline of decarbonisation. Currently the only trains that could meet these criteria are electric. So what needs to be done to turn Hungarian’s ageing and polluting rail fleet into the zero-carbon mass transit of the future?

### ***Transport network***

In its White Paper adopted by the European Commission in the spring of 2011, it set out a sustainable vision for the European transport system until 2030 and 2050, as well as the most important steps and requirements for the road to it. The primary objective of European transport policy is to promote a transport system that contributes to economic development, increases competitiveness, provides high-quality mobility services and makes more efficient use of resources. Transport needs to use less and cleaner energy, better manage modern infrastructure and reduce its impact on the environment and key natural resources, including waters, the landscape and ecosystems.

### ***Hungarian railway network***

The Hungarian railway network infrastructure is managed by two incumbent companies: MÁV Magyar Államvasutak Zrt. (hereafter referred to as MÁV) and Győr-Sopron-Ebenfurti Vasút Zrt. (hereafter referred to as GySEV). The open access railway network is owned by the Hungarian State (with the exception of around 300 km which belongs to GySEV), but MÁV and GySEV are entrusted with the maintenance and management of the network for an indefinite period. In 2003, MÁV was split into 5 business units (Traction, Passenger Services, Freight Services, Engineering services and Infrastructure Management) and the accounts of all the business units of MÁV were separated. MÁV Cargo Zrt. was founded as a subsidiary of MÁV in 2005, which became the successor of the freight business of MÁV. Two years later MÁV Cargo Zrt. was privatised and Rail Cargo Austria purchased its shares in 2008. Since this time, MÁV has not provided freight services. From 2014 passenger transport operation, traction service as well vehicle maintenance and service provided by MÁV-START Zrt.

MÁV-START Zrt. serves passengers with several thousands of trains per day at 1,344 points (railway terminals, stations and stops) along the 7,732 km long Hungarian railway network.

GySEV is an integrated railway company operating in Hungary and Austria along its 513 km long track network. It is active in rail transport of both passengers and freight (GySEV CARGO Zrt.) in Austria and in Hungary, and focuses on rail freight cross-border transport between Austria and Hungary. Hungary (65.6 % of the shares), the Republic of Austria (28.2% of the shares) and STRABAG SE (6.1 of the shares) jointly control GySEV.

### ***Hungarian railway infrastructure***

According to the latest EUROSTAT data, the total length of the Hungarian railway network was 7.732 km (2020a) and 39.7% was electrified by 50 Hz / 25 kV AC (2020b) power supply (3.069 km). In Hungary, there are a total length of 7.441 km of standard (1.435 mm) gauge lines, 37 km of broad gauge (1.520 mm) lines and 254 km of narrow gauge (760 mm) railway lines (Eurostat, 2020a). In Hungary, the main lines are mostly suitable for speeds of 120 km/h (Budapest-Hegyeshalom for 140-160 km/h), however, speeds above 80 km/h are rare on the branch lines, and the permitted speed of 60-80 km / h is typical. In several cases, the track would be suitable for higher train speeds; however, the condition of the safety devices does not allow this.



### ***New engines for the railways***

Fixed-track vehicles cannot escape the strict carbon rules in Europe: as decided by Parliament and the Council, only those diesel engines can be placed on the market from 1 January 2021 that meet Stage V emission limits. The regulations are so strict that currently manufacturers do not offer any diesel-powered railway vehicles that can meet them. Of course, old DMU (Diesel Multiple Units) and locomotives may be running for the time being, but the International Railway Association (UIC) is preparing to require zero-emission operation for its members by 2050.

Of course, the environmentally friendly and economical solution, the electrification, has long been well known in fixed-track technology. However, not all lines can or should be electrified. There may be no electric locomotives/EMUs on the branch-lines with lower traffic; it is simply not worth the investment. The solution is to use electric-hybrid locomotives and multiple units.

In the case of bimodal multiple units, we can distinguish between two types of vehicles. One of these hybrids multiple units is powered by diesel engine and overhead electric.

These hybrid engines use electricity where electrified overhead line are available and diesel elsewhere. Electro diesel is a train propulsion type used in hybrid trains. It consists of a combination of diesel engine power and electric power. This type of propulsion is more efficient than diesel propulsion. Also, diesel-electric propulsion is 40% less polluting than the conventional ones.

The other type of hybrid electric is multiple units with zero emissions (e.g. battery and overhead electric powered trains, or hydrogen powered (fuel cell) vehicles).

Hydrogen fuel cells can generate sustainable electricity through a chemical reaction between hydrogen and oxygen. This can power homes, offices, factories, cars and public transport – making them carbon free and independent from the main power grid. (Miller et al., 2007) Instead of a tank of diesel and an engine, the train has a tank of hydrogen and a fuel cell that combines the hydrogen with oxygen from the air, without combustion. With the only emission being water, the fuel cells provide power and have zero emissions.

According to Nagaura et al (2017) the use of high-capacity lithium-ion batteries in rolling stock can save energy, minimize noise, and reduce maintenance requirements compared with conventional diesel railcars.

Hybrid train offers a cost-effective and efficient transportation of passengers as well as freight.

“The hybrid train market is anticipated to register a CAGR (Compound Annual Growth Rate) of about 6.23% during the 2020-2025 period” (Research and Markets, 2020) The key factors driving the growth of the hybrid train market are owing to well-developed infrastructure for passenger transit. The increasing investment towards greener transport is also driving the growth of the hybrid train market. However, the high costs involved in initial investment, overhaul, and maintenance could hamper the growth of this market.

Major manufacturers such as Alstom (France), Bombardier Inc (Canada), CRRC (China), Kawasaki (Japan), Siemens (Germany), and Stadler (Switzerland) dominate the global hybrid train market by their strong distribution networks at a global level and by their extensive product range in this market.

MÁV-START has launched an European Union public procurement procedure for the procurement of twenty 200-seat and thirty 150-seat new, zero-emission hybrid electric multiple units (dual, 25 kV AC overhead line and battery-powered). The fifty vehicles would arrive on the following schedule: in 2023-2024, twenty 200-seat motor trains has to deliver, and in 2024-2029, another thirty 150-seat motor trains has to deliver.

With these hybrid trains, the Hungarian operator will move further in implementation of environmentally friendly solutions on its network as well as will improve its energy-saving policy.

Based on the calculations, significant direct cost savings of a total of HUF 3.6 billion (average 73 million per vehicle) can also be expected on an annual basis.

## **Discussion**

It is certain that the ecological footprint of diesel-powered railways needs to be reduced. MÁV-START is committed to replacing the substantial proportion of extremely costly and polluting diesel traction with zero-emission electric multiple units. With the purchase of dual-mode multiple units, a significant improvement in the environmental efficiency of the vehicle fleet can be achieved, and by increasing energy efficiency, the current level of emissions can be reduced to a noticeable level at the national level. There are a number of options, and not one of them is a perfect solution on its own. Each can be used where they are most appropriate, and gradually move rail away from fossil fuels. To get things moving, there is much to change in how things currently work.

**References:**

- EUROSTAT (2020a): Total length of railway lines, <https://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=ttr00003&plugin=1>
- EUROSTAT (2020b): Railway transport - length of electrified lines, by type of current, [https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/rail\\_if\\_electri](https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/rail_if_electri)
- GYSEV (2019): Annual report 2018, [https://www2.gysev.hu/sites/gysev/files/atoms/files/eves\\_jelentes\\_19\\_w.pdf](https://www2.gysev.hu/sites/gysev/files/atoms/files/eves_jelentes_19_w.pdf)
- Miller, A.R., Hess, K.S., Barnes, D.L., Erickson, T.L. (2007): System design of a large fuel cell hybrid locomotive, *Journal of Power Sources*, Volume 173, Issue 2, 15 November 2007, Pages 935-942, <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2007.08.045>
- Nagaura, Y., Oishi, R., Shimada, M., Kaneko, T. (2017): Battery-powered Drive Systems: Latest Technologies and Outlook, *Hitachi Review* Vol. 66 (2017), No. 2., pp. 138-144. [https://www.hitachi.com/rev/archive/2017/r2017\\_02/pdf/54-60\\_R1-07.pdf](https://www.hitachi.com/rev/archive/2017/r2017_02/pdf/54-60_R1-07.pdf)
- Research and Markets (2020): Hybrid Train Market - Growth, Trends, and Forecasts (2020 - 2025), <https://www.researchandmarkets.com/reports/4987232/hybrid-train-market-growth-trends-and>

УДК 630

**НАПРЯМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ МАШИН ТА  
ОБЛАДНАННЯ ЛІСОВОГО КОМПЛЕКСУ****А. В. Новицький**, к.т.н., доцент,**С. З. Хмельовська**, асистент**А. М. Хмельовський**, студент*Національний університет біоресурсів і природокористування України**E-mail: [novytskyu@nubip.edu.ua](mailto:novytskyu@nubip.edu.ua), [summer-gir@ukr.net](mailto:summer-gir@ukr.net)*

На сьогоднішній час ефективність функціонування лісового комплексу України значною мірою визначається його технічним оснащенням. Одними з основних тенденцій розвитку лісової галузі є наростаюча швидкість зміни технологій, введення в експлуатацію сучасних багатофункціональних машин та обладнання. Лісозаготівельні машини (ЛЗМ) та обладнання лісового комплексу (ОЛК), які надходять сьогодні в лісовий комплекс повинні відповідати високому рівню надійності та підтримуватись в працездатному стані системою технічного обслуговування і ремонту (СТОР), та системою технічного сервісу (СТС) [1].

В сучасних умовах розвитку лісового господарства зростає рівень використання в лісовій галузі різноманітних комплексів машин та обладнання, відмічається ускладнення конструкцій та поява нових багатофункціональних систем, які являють собою складні технічні системи.

Для забезпечення надійності лісогосподарської техніки підвищується роль СТС і СТОР. В цих умовах важливим є формування ринку техніки повторного використання, яка вже була в експлуатації та потребує модернізації або ж проведення впливу з ТОР. Період експлуатації ЛЗМ 40% від загального числа відмов становлять виробничі відмови, 33% - експлуатаційні, 20% - конструктивні, 7% - в результаті «морального» старіння. встановлено, що близько 70% претензій через неякісне надання послуг з технічного сервісу пов'язано з порушенням технології і недоліком кваліфікації персоналу. Важливим напрямком в забезпеченні якості послуг з ТОР і ТС являється підготовка і підвищення кваліфікації кадрів інженерно-технічних працівників підприємств ТС. Однією з причин, що перешкоджає розвитку лісопромислового виробництва, є низька ефективність і надійність використовуваної морально і фізично застарілої техніки і невисока ціна кінцевої лісової продукції. Більшість машин та устаткування,

які використовуються в лісовому комплексі, має 70-80% зносу, і тому значна їх частина підлягає списанню. Це пояснюється тим, що за роки реформ більшість підприємств, що виготовляють лісогосподарську техніку, були закриті або переорієнтовано на інший вид продукції.

Створення сучасних методик і використання нових наукових підходів для оцінки і забезпечення надійності ЛЗМ та ОЛК є також перспективним напрямком в підвищенні працездатності складних технічних систем «Людина-Машина» (СТС «ЛМ»). Важливим резервом забезпечення надійності ЛЗМ та ОЛК є формування та дослідження професійно важливих якостей інженерно-технічного персоналу при обслуговуванні техніки [2].

Проблема забезпечення працездатності ЛЗМ та ОЛК є важливою і багатогранною, тому навіть незначні результати в напрямку підвищення надійності вказаних засобів та окремі рішення задач в даній галузі придатні для практичного їх використання.

#### Список використаних джерел

1. *Новицький А. В., Каменецька А. В., Чеботар І. Е.* Моніторинг напрямків забезпечення надійності лісогосподарської. *Збірник наукових праць Луцького НТУ, Сільськогосподарські машини.* Випуск 33. Луцьк, 2015. С. 107–116.
2. *Новицкий А. В., Мельник В. И., Билоус М. С.* Формирование профессионально важных качеств инженерно-технического персонала при обслуживании сельскохозяйственной техники. *Сборник научных трудов SWorld*, 18 – 30 Марта. Технические науки, Том 3. Иваново, 2014. С. 63–67.

**УДК 631.4****СВІТОВИЙ ДОСВІД ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ ЗАХИСТУ ТА  
ПОКРАЩЕННЯ ҐРУНТІВ АГРАРНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ***В. І. Мельник, к.е.н., доцент,**Ю. Ю. Бабіюк, студент**Національний університет біоресурсів і природокористування України*

На сьогодні, однією з глобальних проблем в аграрній сфері України є процес погіршення якості ґрунтів. Запобігання цьому явищу має розпочинатись з чіткого встановлення причини деградації ґрунту та виявлення можливих шляхів подолання проблеми, що є можливим за детального вивчення подібної проблематики та методів її вирішення у країнах з високоефективним аграрним виробництвом.

Одним із чинників формування зазначеної проблеми, на думку деяких вітчизняних і закордонних аналітиків, є недосконала законодавча база щодо охоронних земельних ресурсів, права власності на землю, неякісне адміністрування та управління тощо. З метою виявлення першопричин нами було проведено порівняння законодавчої бази щодо охорони земельних ресурсів та форми власності аграрних угідь провідних країн світу.

Так, в Україні використання та охорону земель регулює Закон «Про охорону земель» від 2003 року, основними положеннями якого визначаються зобов'язання агровиробника, незалежно від форми власності, зберігати якість ґрунтів, на яких проводиться господарська діяльність та підвищувати їх родючість.

У Німеччині діє аналогічний закон із співзвучною назвою, що також забороняє будь-яку діяльність, що призводить до зниження якості родючості ґрунтів і вимагає відновлення родючості тих, що були пошкодженні. Польща керується Законом «Про охорону навколишнього середовища» та Законом «Про охорону сільськогосподарських і лісових земель». Закон «Про охорону навколишнього середовища» вимагає від користувачів вживання заходів щодо охорони земель та відновлення у разі небажаного використання. Закон «Про охорону сільськогосподарських і лісових земель» регулює охорону ґрунтів у разі зміні специфіки використання ґрунтів, виділених під визначену діяльність. У США з 90-х років ХХ ст. набули чинності положення щодо охорони довкілля в сільському господарстві. На даний момент, там діє понад 20 програм, що

спеціалізуються на збереженні та покращенні умов використання та охорони ґрунтів аграрного призначення. Отже, нормативно-правова база досліджуваних країн має порівняно однакові положення та методи, що забезпечують охорону земельних ресурсів.

До порівняння, якщо більша половина українських земель знаходиться в оренді, то Польща є державою з переважною кількістю малих фермерських господарств з приватною власністю на землю. У Німеччині поширені середні фермерські господарства та великі корпоративні ферми, майже 50% земель знаходяться у приватній власності та більша частина аграрних земель перебуває в оренді. Ринок землі у США вільний, більша частина земель аграрного призначення знаходиться у приватній власності або у оренді в залежності від законодавства окремого штату. Тож, незалежно від форми власності країна здатна підтримувати високий рівень охорони землі.

Отже, основна проблема у здійсненні якісних заходів щодо охорони земельних ресурсів є не наявність особливих сприятливих умов, а якісне управління та контроль якості виконання нормативно-правової бази. Про це також може свідчити постанова Кабінету Міністрів, про удосконалення в сфері використання та охорони земель, що в основі своїй вбачає найпершою і головною проблемою аграрного сектору України – неякісне управління та заходи з його оптимізації.

Що стосується світової практики системи захисту та покращення ґрунтів аграрного призначення, ми можемо звернути увагу та частково запозичити наступні тенденції:

- стимулювання інституту спадковості сімейного фермерства, що запобігатиме втратам трудових ресурсів, зайнятих у агровиробництві та зменшенню трудової міграцію всередині країни і за її межі;
- розширення діапазону дії земельноохоронного законодавства і поширення його на всі види земельних ресурсів;
- поглиблення відповідальності за зниження родючості ґрунтів.
- створення чіткої системи аудиту і відшкодування коштів на відновлення родючості земель;
- прийняття загальних норм щодо використання сівозміни.

Хоча у більшості країн світу відсутня законодавча база щодо ведення сівозміни, проте, існують рекомендації щодо її ведення, розроблені на рівні держави.

Вивчення досвіду окремих країн дає нам чітке розуміння, що немає сталої послідовності дій стосовно відновлення якості пошкоджених земель.

Так, наприклад, значне посилення ерозії ґрунтів, постійні кліматичні загрози та спустошення у Сполучених Штатах Америки у 30-х роках потребувало негайних дій. Тож вже у 1933 році було створено Службу ерозії ґрунтів, що є повноправним членом Федерального уряду. З цього моменту Служба отримала значний вплив, створила резервації земель, запровадила охорону річок та гідроресурсів, ряд охоронних агроекологічних програм, що діють і сьогодні.

Державна політика Німеччини щодо охорони землі передбачає два напрями: консультативно-просвітницький та економічний. Перший – забезпечується аграрними палатами, що функціонують на податок із земель (20 євро за гектар). Силами аграрної палати забезпечується просвітницька діяльність щодо заходів збереження ґрунтів у гарному стані, ефективного господарювання та охорони ґрунтів. Економічний напрям здійснюється через Спільну аграрну політику (САП) – це система аграрних субсидій і програм ЄС. Фінансування надається або за рахунок бюджету ЄС або спільними силами ЄС і конкретної держави. Для отримання субсидій фермер має дотриматись ряду вимог, спрямованих на всебічний захист ґрунтів та покращення їх стану. 90 % агровиробників, не маючи прямого зобов'язання, дотримуються сівоzmіни і отримують видатків на біль ніж 4 млн. євро на рік.

Який шлях обирати? Вибір за Україною, адже поступове спустошення українських чорноземів призведе до зниження ефективності аграрної сфери як провідної галузі держави, а втрати часу та фінансів на відновлення якості ґрунтів навіть важко спрогнозувати.



## BIOENERGY SYSTEMS BASED ON ORGANIC WASTE OF THE AGRICULTURAL SECTOR

***Tokarchuk D.***

*Candidate of Economic Sciences, Associate Professor  
Vinnytsia National Agrarian University*

As a member of the Energy Community and in implementation of the Association Agreement with the European Union, Ukraine has introduced a number of initiatives related to the further development of renewable energy sources (RES) in recent years. In 2014 the Government of Ukraine approved an action plan for the implementation of Directive 2009/28/EU of the European Parliament and in the same year – the National Renewable Energy Action Plan until 2020 (NREAP) and the Action Plan to it. According to the NREAP the share of electricity produced from biomass should be approximately 16.2% in the total power generation structure, and 85.5% in heating and cooling systems by 2020. To implement these plans, it is advisable to use more widely organic waste, generated, mainly, in the agricultural sector.

Organic agricultural waste is comprised of: plant residues and waste (straw of cereals and other crops; corn stalks; sunflower stems, rods, baskets; drops and culls from fruits and vegetables); livestock waste (manure, bird droppings, animal carcasses); food processing waste [1]. It is possible to build bioenergy systems based on organic waste of agro-industrial complex with direct (biomass itself) or subsequent (solid biofuel) incineration, as well as processing to produce liquid (rapeseed oil esters, alcohols, liquid pyrolysis products) or gaseous biofuels (biogas from agriculture and crop production waste, products of gasification of solid fuels) (Fig. 1).

The organization of bioenergy systems based on organic livestock waste involves the construction of biogas plants, which, in addition to the energy product itself, also provide bio-fertilizers in solid and liquid fractions [2]. The full potential of animal manure and bird droppings is considered available for energy use. When organizing bioenergy systems based on organic crop wastes, for each particular farm the possible percentage of crop residues should be carefully specified, taking into account the full range of local conditions (crop yields, level of development of local animal husbandry, soil conditions, volume of mineral and organic fertilizers, etc.). The share of the potential of plant agrobiomass available for the energy sector can range from 0 to 100% in real conditions as a result.

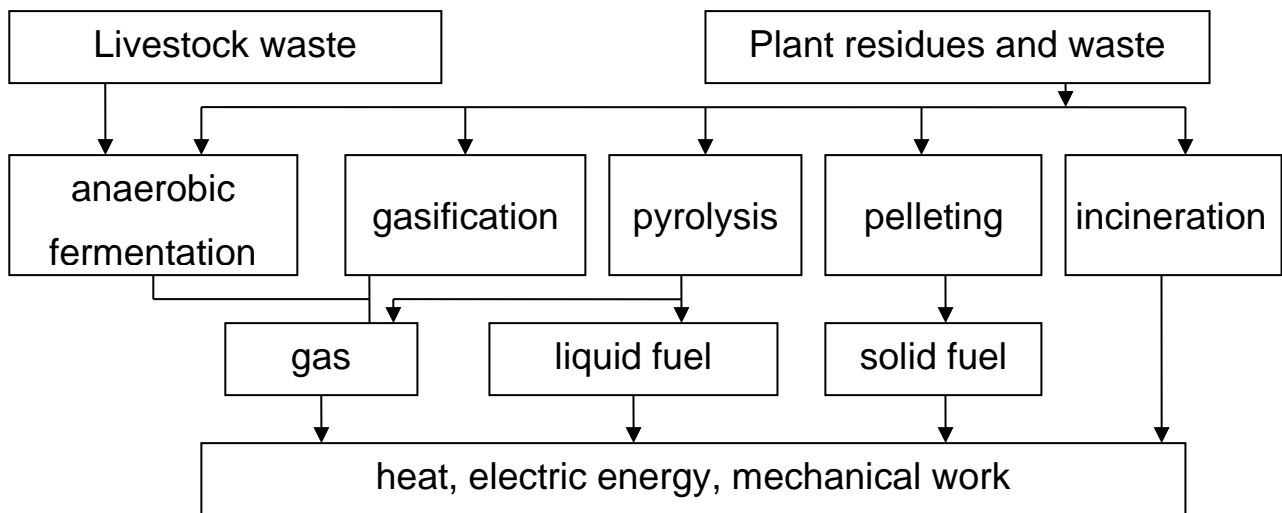


Fig. 1. Options for the organization of bioenergy systems based on organic agro-industrial complex waste

Several sectors are involved in the functioning of the “biomass – biofuel – energy” chain. In agricultural biomass based systems (Fig. 2) next resources are involved: agriculture for the production and procurement of biomass, transport for biomass transportation and distribution of biofuels, processing of biomass into biofuels and heat power engineering, where raw materials are incinerated and electricity and / or heat are generated.

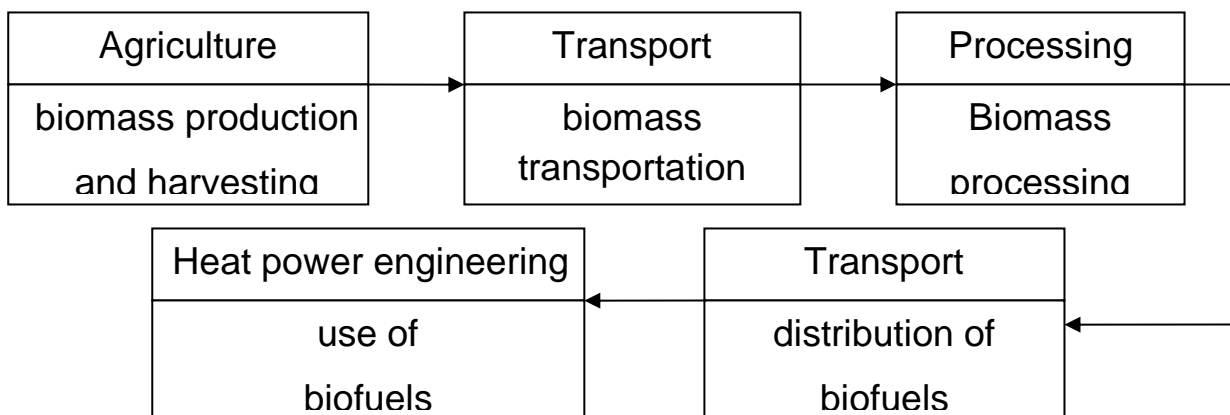


Fig. The life cycle of the formation of agricultural biomass (waste), its processing into biofuels and use for energy purposes

---

The cost of various types of biofuels from waste at the entrance depends on the interaction of the participants in the process of preparation, processing and logistics. Therefore, it is important to determine the scheme of its delivery to a bioenergy facility, possibly providing diversification.

### **Literature**

1. Website of the Bioenergy Association of Ukraine. Retrieved from : <https://uabio.org>.
2. Tokarchuk, D. M. (2016), Investment provision of biogas production by agricultural enterprises of Ukraine. *Economy. Finances. Management: topical issues of science and practice*, vol. 12, pp. 26–35.

## ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ КОМПАКТНИХ ҐРУНТООБРОБНИХ ЗНАРЯДЬ

*Ярош Я.Д., Кондратюк А.М.*

*Поліський національний університет*

Величина опору ґрунтового середовища є одним з найважливіших показників для оцінки працездатності ґрунтообробних знарядь. Горизонтальна складова опору, що паралельна напрямку руху знаряддя протидіє силі руху, що створюється силою тяги трактора. Отже, вона фактично визначає витрати енергії при обробі ґрунтового середовища та визначає оптимальні експлуатаційні умови з огляду на конструкційні параметри. Крім того, виникає вертикальна складова опору, що виштовхує робочі органи ґрунтообробного знаряддя із ґрунту, відтак виникає необхідність її зрівноваження вагою самого знаряддя. При створенні нових ґрунтообробних знарядь вертикальну складову необхідно мінімізувати, тим самим зменшити масу знаряддя.

У сучасному рослинництві широкого застосування набули дискові ґрунтообробні знаряддя. Завдання таких знарядь полягає, в розпушуванні та обертанні поверхневого прошарку ґрунту, а основними параметрами робочих органів є кут атаки та кут нахилу. Кут атаки – це кут між площиною диска і напрямком руху борони. А кут нахилу – кут нахилу площини диска відносно поверхні ґрунту.

Дискові ґрунтообробні знаряддя застосовують, як при передпосівному обробі ґрунту після оранки, так і при поверхневому мульчувальному обробі ґрунту. Такі знаряддя працюють в різноманітних ґрунтових умовах із досить широким діапазоном за глибиною. На практиці, однак, під час роботи дискових знарядь часто виникають труднощі з заглибленням диска в ґрунт та отриманням необхідної робочої глибини. Науковці вважають, що проникнення дисків в ґрунт відбувається, головним чином, через їх тиск на ґрунт і зменшується зі збільшенням ущільнення ґрунту. При цьому, неможливість збільшення робочої глибини зумовлена специфікою різання ґрунту дисками тому, що вертикальна складова опір спрямована вгору і виштовхує диск із ґрунту. Тому необхідний тиск, що створює силу для врівноваження опору та проникнення в робочого органу ґрунт, створюється вагою самого знаряддя.

Питання встановлення робочого опору ротаційних робочих органів (дисків), що мають сферичну форму робочої поверхні, щодо їх

регулювання в ґрунтовому середовищі, були предметом багатьох досліджень. Деякі з них були виконані в польових умовах з використанням різних прикладів конструкції борони і стосувалися лише визначення сили тяги та її впливу на витрату палива. Виконувалися також ретельні дослідження впливу параметрів дисків та кутів їх установки на сили реакції ґрунту.

Однак ці дослідження в основному стосуються дискових борін та плугів, ширина захвату і маса яких значно перевищують значення, характерні для сучасних компактних ґрунтообробних знарядь.

При створенні нових компактних ґрунтообробних знарядь відчувається брак інформації, щодо компенсації зменшеної маси знаряддя, що викликає ефект недокомпенсації вертикальної складової опору, що спричиняє виштовхування із ґрунту робочих органів.

Тому необхідні дослідження, щодо емпіричного визначення результуючих компонентів опору ґрунтообробного знаряддя, що складаються з тягового опору та опору проникнення, залежно від значень кутів атаки та нахилу дисків. Необхідна також чітка ідентифікація результуючого бічного опору при несиметричному розміщенні робочих органів.



# Інвестуйте

Від **5** тис.  
\$

## Отримуйте ПАСИВНИЙ ДОХІД:

за рік  
до- **148** тис.  
грн.

за 10  
років- **1,25** млн.  
грн.

\* продаючи електроенергію по Зеленому тарифу.

\* розрахунок приведено для станції потужністю 30 кВт. Встановлюємо системи від 3-х до 30 кВт під Зелений тариф.

Більш ніж **22** тис. домогосподарств вже  
встановили СЕС і отримують прибуток щомісяця!

Окупність інвестицій **4-5** років.  
Термін роботи  
СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ > **20** років.



**СОНЯЧНІ  
ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ**  
гарантії • якість • сервіс

**096•495•94•94**

✉ sunrise.energy.zt@gmail.com 🌐 sunrise.zt.ua



Зелений тариф - це фіксована вартість, за якою держава зобов'язується викупувати **100%** відданої в мережу електроенергії, виробленої з відновлюваних джерел.

**ЗАМОВТЕ ВІЗД ІНЖЕНЕРА  
НА ОБ'ЄКТ БЕЗКОШТОВНО**

**096-495-94-94**

**НАДАЄМО ПОВНИЙ СПЕКТР  
ПОСЛУГ У СФЕРІ  
АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ**

- Монтаж обладнання.
- Підключення.
- Оформлення "Зеленого" тарифу.
- Сервісне обслуговування.
- Тепловізійне обстеження фотомодулів.

**ПРОДАЖ:**

- мережевих електростанцій (для домогосподарств та підприємств);
- автономних систем живлення
- систем безперебійного живлення;
- стабілізаторів напруги;
- непротікаючі навіси для авто;
- земельні ділянки для сонячних електростанцій під Зелений тариф.



**Отримуй свій власний  
пасивний дохід**

Телефонуй для консультації:

**096-495-94-94**



## Ваше підприємство сплачує більше **3** грн за кВт\*год?

Власна сонячна електростанція на підприємстві зможе  
замістити до **50%** річного споживання електроенергії.



**СОНЯЧНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ** для покриття власного споживання забезпечує виробничі потреби підприємства чи установи протягом світлового дня. У випадку, коли власної сонячної енергії недостатньо, різниця автоматично береться з централізованої енергомережі.

Основний **ЕКОНОМІЧНИЙ ефект** виникає із заощаджень коштів, що не були витрачені на придбання електрики від енергопостачальної компанії.

Така станція не потребує додаткових дозволів, документів та проектних робіт для юр. осіб.

Середня окупність вкладень **4-7** років.  
А працюватиме СЕС понад **20** років.

**ВИГІДНІ УМОВИ** КРЕДИТУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ

Деталі за телефоном: **096-495-94-94**

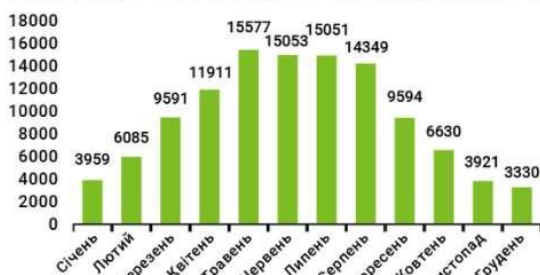




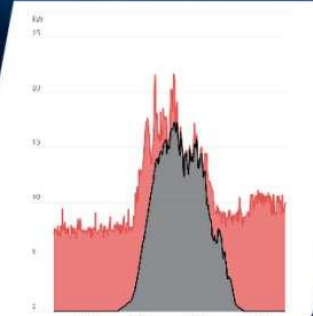
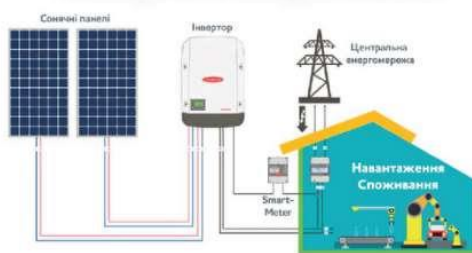
### КОМПЛЕКТ МЕРЕЖЕВОЇ СЕС ДЛЯ ВЛАСНИХ ПОТРЕБ 100 кВт

Річна генерація	115 100 кВт х год.
Потенційна економія	\$13 500/рік
Вартість	\$65 000
Термін окупності	4,8 років
Вартість кВт*год. з СЕС	1,25 грн./кВт х год.
Необхідна площа	518 м <sup>2</sup>
Вага модулів	5 652 кг
Система енергомоніторингу	Fronius SolarWeb

### Генерація СЕС на протязі року, кВт х год.



### Схема роботи СЕС для економії



### SUNRISE надає повний спектр послуг з будівництва СЕС:

1. Передпроектний аналіз та консультації.
2. Проектування, 3D-моделювання об'єктів.
3. Поставка обладнання.
4. Монтаж та пуско-налагодження СЕС.
5. Гарантійне та післягарантійне обслуговування.
6. Сервіс.

## Заощаджуйте скільки хочете, або можете!

Частка заміщення визначається потужністю станції.

Чим потужніша електростанція, тим більше заміщення в енергобалансі підприємства.

Мінімальна потужність станції – 3 кВт.

Максимальна – необмежена!

Масштабуйтеся у будь-який момент!



**СОНЯЧНІ  
ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ**  
гарантії • якість • сервіс

**096•495•94•94**

✉ sunrise.energy.zt@gmail.com 🌐 sunrise.zt.ua



# ПІДГОТОВКА ЕНЕРГОАУДИТОРІВ

**ЖИТОМИРСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРОВІДИТЬ ПРОФЕСІЙНУ ПІДГОТОВКУ ФАХІВЦІВ, ЯКІ МАЮТЬ НАМІР ПРОВАДИТИ ДІЯЛЬНІСТЬ ІЗ СЕРТИФІКАЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ОБСТЕЖЕННЯ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ БУДІВЕЛЬ**

Професійна підготовка здійснюється у відповідності до статті 9 Закону України «Про енергетичну ефективність будівель», Постанови КМУ від 26 липня 2018 р. №605 «Порядок проведення професійної атестації осіб, які мають намір провадити діяльність із сертифікації енергетичної ефективності та обстеження інженерних систем» і Угоди між Державним агентством з енергоефективності та енергозбереження України та Житомирським національним агроекологічним університетом «Про співпрацю щодо створення атестаційних комісій, що будуть проводити професійну атестацію осіб, які мають намір провадити діяльність із сертифікації енергетичної ефективності та обстеження інженерних систем» від 05.02.2019 року.

Наказом ректора ЖНАЕУ №191 від 15.10.2019 року створена атестаційна комісія з проведення професійної атестації осіб, які мають намір провадити діяльність із сертифікації енергетичної ефективності та обстеження інженерних систем будівель. Атестаційною комісією підготовлено освітньо-професійні програми «Сертифікація енергетичної ефективності будівель» та «Обстеження інженерних систем будівель». Метою вивчення програм є формування у слухачів необхідних професійних знань та вмінь з енергоресурсозбереження, енергоефективності та охорони довкілля при проектуванні та термомодернізації будівель на основі комплексного системного підходу до аналізу об'ємно-планувальних, конструктивних та інженерно-технічних рішень, освоєння технологій проведення енергетичної сертифікації, енергоаудиту та оцінки фактичного технічного стану інженерних мереж існуючих будівель з розробкою економічно-доцільних засобів підвищення їхньої енергоефективності.

Особи, які мають намір здобути профільну спеціалізовану підготовку в сфері провадження діяльності із сертифікації енергетичної ефективності та обстеження інженерних систем будівель подають заяву на ім'я ректора Університету з проханням допустити їх до навчання.

#### ДО ЗАЯВИ ДОДАЮТЬСЯ:

- копії паспорта та реєстраційного номера облікової картки платника податків (крім фізичних осіб, які через свої релігійні переконання відмовляються від реєстраційного номера облікової картки платника податків та повідомили про це відповідному контролюючому органу і мають відповідну відмітку у паспорті);
- копія документа про фахову (відповідну) вищу освіту (диплом та додаток до нього);
- копія трудової книжки;
- стислий звіт про професійну діяльність та інші досягнення кандидата у довільній формі;
- інші документи (за бажанням кандидата), що підтверджують його професійну спеціалізацію, рівень кваліфікації та знань (зокрема, державні нагороди, звання, дипломи конкурсів у сфері енергетичної ефективності будівель, документи про наукові досягнення, відгуки від замовників робіт у сфері енергетичної ефективності будівель);
- документ, що підтверджує оплату за навчання.

Формою підсумкового контролю результатів профільної спеціалізованої підготовки фахівців передбачено проходження ними професійної атестації.

#### КОНТАКТИ:

Заступник голови атестаційної комісії:  
д. т. н., проф. Кухарець Савелій Миколайович  
e-mail: kikharets@gmail.com  
тел.: +38 (067) 665-35-48

Секретар атестаційної комісії:  
к. т. н. Медведський Олександр Васильович  
e-mail: aleksmedvedsky@gmail.com  
тел.: +38 (097) 336-13-14

