


# Науково-технічні засади розроблення, випробування та прогнозування сільськогосподарської техніки і технологій

## МАТЕРІАЛИ XXI Міжнародної наукової конференції

22 вересня 2021 року

Дослідницьке - 2021



МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВА УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНА НАУКОВА УСТАНОВА «УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-  
ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ ПРОГНОЗУВАННЯ ТА ВИПРОБУВАННЯ ТЕХНІКИ  
І ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА  
ІМЕНІ ЛЕОНІДА ПОГОРІЛОГО»  
(УКРНДПВТ ІМ. Л. ПОГОРІЛОГО)

**Науково-технічні засади розроблення,  
випробування та прогнозування  
сільськогосподарської техніки і технологій**

**Матеріали  
XXI Міжнародної наукової конференції**

**22 вересня 2021 року**

**Дослідницьке – 2021**

**УДК 005.745:631:3:(043.2)**

**Організатор конференції:** Державна наукова установа «Український науково-дослідний інститут прогнозування та випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва імені Леоніда Погорілого» (УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого).

Наукові доповіді XXI Міжнародної наукової конференції «Науково-технічні засади розроблення, випробування та прогнозування сільськогосподарської техніки і технологій», 22 вересня 2021 року, УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого; Україна, Дослідницьке, 2021. – 219 с.

Наукові доповіді подано в авторській редакції.

У збірнику наукових доповідей наведено результати обговорення проблем прогнозування, конструювання, випробування сільськогосподарської техніки та обладнання, питання розвитку новітніх технологій в АПК, їх дослідження та управління, а також проблем енергозбереження та альтернативної енергетики.

**ISBN 978-617-657-097-4**

**Науково-технічні засади розроблення, випробування та прогнозування сільськогосподарської техніки і технології**

**Матеріали  
XXI Міжнародної наукової конференції**

**22 вересня 2021 року**

**УДК 005.745:631:3:(043.2)**

**ISBN 978-617-657-097-4**

© УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2021.

## РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

**Головний редактор – Кравчук В.**, д-р. техн. наук, проф., акад. НААНУ  
(УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого)

**Заступник головного редактора – Новохацький М.**, канд. с.-г. наук  
(УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого)

**Відповідальний секретар – Бабинець Т.**, канд. екон. наук (УкрНДІПВТ  
ім. Л. Погорілого)

### **Члени редакційної колегії**

**Алтыбаев А.**, д-р. техн. наук, академік міжнародної академії інформатизації  
( КазНАДУ, Казахстан)

**Баранов Г.**, д-р. техн. наук, проф. (Національний транспортний університет)

**Барвінченко В.**, д-р. с.-г. наук, проф., (УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого)

**Вахній С.**, д-р. с.-г. наук, проф., ( Білоцерківський НАУ)

**Ветохін В.**, д-р. техн. наук, (Полтавський ДАУ)

**Войтюк Д.**, канд. техн. наук, проф., чл.-кор. НААНУ (НУБіП України)

**Гадзало Я.**, д-р. с.-г. наук, акад. НААНУ (НААН України)

**Голуб Г.**, д-р. техн. наук, (НУБіП України)

**Занько М.**, канд. техн. наук (УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого)

**Камінський В.**, д-р. с.-г. наук, акад. НААНУ (ННЦ «Інститут землеробства НААНУ»)

**Карпук Л.**, д-р. с.-г. наук, проф.,( Білоцерківський НАУ)

**Кангалов П.**, д-р. техн. наук, проф. (Русенський університет ім. Ангела Кинчева,  
Болгарія)

**Красовський Є.**, д-р. техн. наук, проф.(Люблінське відділення Польської академії  
наук, Польща)

**Кюрчев В.**, д-р. техн. наук, проф., чл.-кор. НААНУ ( Таврійський ДАТУ ім.  
Д. Моторного)

**Лиховид П.**, канд. с.-г. наук (Інститут зрошуваного землеробства НААНУ)

**Малярчук М.**, д-р. с.-г. наук (Інститут зрошуваного землеробства НААНУ)

**Махалек А.**, канд. техн. наук (Інститут сільськогосподарського машинобудування  
Праги, Чехія)

**Михайлов Н.**, д-р. техн. наук, проф. (Русенський університет ім. Ангела Кинчева, Болгарія)

**Ревенко І.**, д-р. техн. наук, проф. (УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого)

**Роговський І.**, д-р. техн. наук, ((НУБіП України)

**Рубльов В.**, д-р. техн. наук, проф., ( Білоцерківський НАУ)

**Смоляр В.**, канд. с.-г. наук (УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого)

**Таргоня В.**, д-р. с.-г. наук (УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого)

**Фіала М.**, д-р. с.-г. наук, проф. (Університет Мілана, Італія)

**Чеботарьов В.**, д-р. техн. наук, ( Білоруський ДАТУ, Білорусь)

**Шевченко І.**, д-р. техн. наук, д-р хабілітат (Польща), проф., чл.-кор. НААНУ  
(Інститут олійних культур НААНУ)

**Шустік Л.**, канд. техн. наук (УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого)

**Щепаняк Я.**, д-р. техн. наук, проф. (Дослідницька мережа Лукасевич ППМР, Польща)

**Яцкул А.**, канд. техн. наук, (Політехнічний Інститут UniLaSaalle, Франція)

## ЗМІСТ

### *СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКА ТЕХНІКА ТА ОБЛАДНАННЯ: ПРОГНОЗУВАННЯ, КОНСТРУЮВАННЯ, ВИПРОБУВАННЯ*

*Кравчук В., Баранов Г., Комісаренко О.*

**АЛГЕБРАЇЧНА СИСТЕМА НАУКОВО-МЕТОДИЧНОГО АПАРАТУ  
ЗАДАЧ РОЗВИТКУ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ.....** 7

*Кравчук В., Коробко А.*

**ДОСЛІДЖЕННЯ РИЗИКІВ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ  
ВИПРОБУВАЛЬНОЇ ЛАБОРАТОРІЇ.....** 15

*Калінін Є., Коробко А., Шатіхіна В.*

**ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРМУВАННЯ МОДЕЛІ ВИПРОБУВАНЬ.....** 20

*Nalobina O., Holotiuk N., Bundza O.*

**MATHEMATICAL MODELLING OF POSITION OF THE  
PROPULSION SUSPENSION WITH ELASTIC CATERPILLAR IN  
CASE OF COLLISION WITH OBSTACLES.....** 25

*Алтыбаев А., Ветохин В., Бабинец Т.*

**СИСТЕМНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАСТРОЙКИ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ.....** 30

*Ветохин В., Утенков Г., Власенко А.*

**СИСТЕМНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ СТРУКТУРНОГО СИНТЕЗА  
МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ ДЛЯ ОСНОВНОЙ  
ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ.....** 34

*Подригало М., Коробко А., Котова Ю.*

**АДЕКВАТНІСТЬ ТЕОРЕТИЧНОЇ МОДЕЛІ  
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІЙ.....** 39

*Лебедев А., Лебедев С.*

**ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ТРАКТОРА У СКЛАДІ З  
ГРУНТООБРОБНИМ АГРЕГАТОМ.....** 44

*Калінін Є., Козлов Ю.*

**ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ТРАКТОРА.....** 50

*Постельга С.*

**СТАТИЧНІ ВИПРОБУВАННЯ ЗАХИСНИХ КОНСТРУКЦІЙ КАБІН  
ТРАКТОРІВ.....** 55

*Ветохін В., Рижкова Т., Негребецький І., Погорілий В., Голдибан В.*

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТРАЄКТОРІЇ ВЗАЄМОДІЇ З ГРУНТОМ  
ГОЛЧАСТОЇ РОТАЦІЙНОЇ ЧАСТИНИ ЗНАРЯДДЯ ДЛЯ  
ВНЕСЕННЯ ДОБРІВ.....** 61

*Роговський І.*

**АСИМПТОТИЧНІСТЬ МОЖЛИВОСТІ ПЕРІОДИЧНОГО  
РЕГУЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ  
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН.....** 66

*Любченко І., Роговський І.*

<b>АНАЛІТИЧНІСТЬ КОЕФІЦІЄНТА ТЕХНІЧНОЇ ГОТОВНОСТІ САМОХІДНИХ ОБПРИСКУВАЧІВ ЗА ЗМІННОГО СЕЗОННОГО НАРОБІТКУ.....</b>	<b>71</b>
<i>Климчук М, Сало Я., Думич В., Ветохін В.</i>	
<b>АЛЬТЕРНАТИВНІ ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ДЛЯ ВНЕСЕННЯ РІДКИХ ДОБРІВ В ШАР ҐРУНТУ.....</b>	<b>76</b>
<i>Малярчук В., Мігальов А., Сидоренко В.</i>	
<b>ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ ЗРОШЕННЯ І РОЗРОБКА ВИХІДНИХ ВИМОГ ДО ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ЇХНЬОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ.....</b>	<b>81</b>
<i>Цема Т., Рижкова С.</i>	
<b>ДО ПИТАННЯ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОГО РЕГУЛЮВАННЯ ВІДНОСИН МІЖ ВИРОБНИКАМИ І СПОЖИВАЧАМИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ.....</b>	<b>87</b>
<i>Афанасьєва С.</i>	
<b>ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ОНОВЛЕНИХ ЄВРОПЕЙСЬКИХ НОРМ ЩОДО ГАЛЬМІВНИХ СИСТЕМ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ І ЛІСОГОСПОДАРСЬКИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ.....</b>	<b>94</b>
<i>Погорілий В., Мерзлюк В., Калмишева Л., Козярук Л.</i>	
<b>ЄВРОПЕЙСЬКІ ВИМОГИ ДО ДРЕЙФУ ПИЛУ ПРОТРАВНИКА, ОЦІНКА РИЗИКІВ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАНЬ.....</b>	<b>102</b>
<i>Гусар І., Жиган С., Погорілий В., Клочай О.</i>	
<b>МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ДРЕЙФУ ПИЛУ ПРОТРАВНИКА НАСІННЯ ПІД ЧАС ВИСІВУ ПНЕВМАТИЧНИМИ СІВАЛКАМИ.....</b>	<b>112</b>
<i>Тарасенко В., Матковський О., Головльов В.</i>	
<b>ЕКСПЛУАТАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ОЦІНКА СІВАЛКИ ДРІБНОНАСІННИХ КУЛЬТУР СДК – 11С – 2К.....</b>	<b>119</b>
<i>Шустік Л., Нілова Н., Гайдай Т., Степченко С., Сидоренко С., Лень О.</i>	
<b>РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТЯГОВОГО ЗУСИЛЛЯ ДИСКОВОЇ БОРОНИ GiaRDino.....</b>	<b>124</b>
<i>Самойленко В., Козярук Л.</i>	
<b>Сільськогосподарські причіпні машини – R чи S.....</b>	<b>129</b>
<i>Смолінський С.</i>	
<b>ПЕРСПЕКТИВНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ КОМБАЙНОВОГО ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР.....</b>	<b>136</b>
<i>Кришталь О., Смоляр В.</i>	
<b>АКТУАЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ЗМОТУВАЧА ПЛІВКОВИХ РУКАВІВ «AGRO BAG WINDER V.1.0».....</b>	<b>138</b>
<i>Філоненко Л.</i>	
<b>ТЕСТУВАННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ МАШИН ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ТЮКІВ СОЛОМИ І СІНА ВИРОБНИЦТВА ТОВ "Демі-мікс-Україна".....</b>	<b>143</b>

<b>Хмельовський В., Трофимчук А.</b>	
<b>УДОСКОНАЛЕННЯ ДІЙКОВОЇ ГУМИ.....</b>	<b>148</b>
<i>НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ В АПК: ДОСЛІДЖЕННЯ ТА УПРАВЛІННЯ</i>	
<i>Майданович Н.Бондаренко О.</i>	
<b>ОЦІНКА ТОЧНОСТІ ПРОГНОЗІВ ВРОЖАЙНОСТІ ПОЛЬОВИХ КУЛЬТУР.....</b>	<b>151</b>
<i>Малярчук В., Федорчук Є.</i>	
<b>ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ ЯК ЗАСОБУ АДАПТАЦІЇ ДО ЗМІН КЛІМАТУ.....</b>	<b>156</b>
<i>Думич В.</i>	
<b>ВПЛИВ ПОЗАКОРЕНЕВОГО ПІДЖИВЛЕННЯ НА ВРОЖАЙНІСТЬ НАСІННЯ ОЛІЙНОЇ РЕДЬКИ .....</b>	<b>161</b>
<i>Лілевман І., Лілевман О., Бергер Є.</i>	
<b>РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ТЕРМОЛІЗНОЇ ПЕРЕРОБКИ КОСТРИЦІ ЛЬОНУ.....</b>	<b>167</b>
<i>Сидоренко В.</i>	
<b>ОБЛАДНАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ З ПОЛИВНОЮ ВОДОЮ ДОЩУВАЛЬНИМИ МАШИНАМИ.....</b>	<b>171</b>
<i>Таргоня В., Сидоренко В., Бондаренко О.,</i>	
<b>МЕТОДИ ВИБОРУ РАЦІОНАЛЬНИХ ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ЗРОШЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ УГІДЬ .....</b>	<b>177</b>
<i>Ковалишин С., Пташник В., Швець О., Нестер Б., Климчук М., Сало Я.</i>	
<b>ЕФЕКТИВНІСТЬ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ЕЛЕКТРОСТИМУЛЯЦІЇ НАСІННЯ ОЗИМОГО РІПАКА.....</b>	<b>185</b>
<i>Скібчик В., Товкач С., Кудриницький Р., Днесь В., Крупич С.</i>	
<b>КОНЦЕПТУАЛЬНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ МАТЕРІАЛЬНО-ТЕХНІЧНОЇ БАЗИ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ КАРТОПЛІ ТА СТРАТЕГІЇ ЇЇ РЕАЛІЗАЦІЇ З УРАХУВАННЯМ СТРУКТУРИ Й ОБСЯГІВ ВИРОБНИЦТВА.....</b>	<b>192</b>
<i>Занько. М., Гайдай Т., Сидоренко С., Нілова Н.</i>	
<b>ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ СУШІННЯ ЗЕРНА КУКУРУДЗИ СУШАРКОЮ МОДЕЛІ STELA AGRO DRY MDB-XN 4/15-SU В ЖОРСТКОМУ РЕЖИМІ.....</b>	<b>195</b>
<i>Іванюта М.</i>	
<b>ВИЗНАЧЕННЯ ЩІЛЬНОСТІ ҐРУНТУ РАДІОЛОКАЦІЙНИМ ЗОНДУВАННЯМ.....</b>	<b>202</b>
<i>ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА АЛЬТЕРНАТИВНА ЕНЕРГЕТИКА</i>	
<i>Драгнєв С., Железна Т., Баишовий А.,</i>	
<b>АНАЛІЗ МЕТОДІВ ЗМЕНШЕННЯ ОБСЯГІВ УТВОРЕННЯ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН ПІД ЧАС СПАЛЮВАННЯ АГРОБІОМАСИ.....</b>	<b>207</b>
<i>Климчук М., Сало Я.</i>	
<b>ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ РІЗНИХ ТИПІВ СІВАЛОК ДЛЯ СІВБИ НАСІННЯ СВІТЧГРАСУ.....</b>	<b>213</b>

# **СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКА ТЕХНІКА ТА ОБЛАДНАННЯ: ПРОГНОЗУВАННЯ, КОНСТРУЮВАННЯ, ВИПРОБУВАННЯ**

УДК 631.3:061.4

## **АЛГЕБРАЇЧНА СИСТЕМА НАУКОВО-МЕТОДИЧНОГО АПАРАТУ ЗАДАЧ РОЗВИТКУ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ**

**Кравчук В.** д.-р. техн. наук, проф., акад. НААН України,  
УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого,

**Баранов Г.**, д.-р. техн. наук, проф.,

**Комісаренко О.** канд. техн. наук, ел. пошта: [olenakomisarenko@ukr.net](mailto:olenakomisarenko@ukr.net)  
Національний транспортний університет

**Вступ. / Introduction.** Подальший розвиток сучасного та реформованого до майбутнього прогнозного стану агропромислового комплексу (АПК) України (разом з провідними державами світу) вимагає завчасно оцінювати невизначеність ризиків і факторів впливу взаємодійного природного середовища (ВПС) у межах інноваційних техніко-технологічних рішень (ТТР) для реальних об'єктів, техногенно-природних комплексів (ТПК) полієргатичних виробничих організацій (ПЕВО) для задоволення потреб як послуг, продуктів, товарів за критеріями й регламентами [1, 2]. Вирішення цих питань значно сприятиме застосуванню алгебраїчних систем науково-методологічного апарату та засобів їхнього розв'язання.

**Мета роботи. / Aim.** Визначити сутність, особливість та специфіку робочих понять «алгебраїчна система» та «науково-методологічний апарат» як засобів отримання нових інноваційних результатів теоретичного рівня розвитку наукової спеціалізації. Означити чому запропонована концепція відповідає багатокритеріальним цілям стосовно практичної значущості отриманих перспективних результатів наукового (парадигмального [3] ) дослідження за сучасними пріоритетами: конкурентна перевага; ресурсоефективність; екологічність, тощо, у єдиному просторово-часовому континуумі (ПЧК) [11] де першочерговими є вимоги до: надійності, функціональної стійкості, безпеки життя, економіки функціонування цілісної системи (інфраструктурних споруд, машин, механізмів технічних й технологічних засобів АПК [1, 2, 4, 6] ).

**Матеріали і методи. / Materials and methods.** Останні роки ХХІ століття суттєво змінюють наукові парадигми стосовно цінностей чи аспектів життя: твердих тіл, біорізноманіття, людини, цивілізованого й цифровізованого суспільства [1-3]. Головні цілі науки вже не пошук пізнання істини на благо людства. Більша увага приділяється глобальним проблемам: можливих катастроф; безпеки екології; клімату; економіки; ризикам існування планети; потребам



космічного переселення; створення інноваційних матеріалів, машин, ТПК [3-6]. Сучасна характеристика науки визначає потреби подальшого її розвитку за правилами аксіології та парадигми [3].

Парадигмальна наука – це накопичування нових знань, підвищення та поглиблення обізнаності стосовно реальних об'єктів, процесної динаміки, явищ у цілісній системі. Новий термін лише характеризує, що у кожній системі поняття незвичайного об'єкта дослідження з'єднані одним загальним принципом, який названо парадигма: структура, функція, організація, технологія, управління. Відповідно, для подолання ускладнень дослідження майбутніх складних динамічних систем (СДС) [7], праця окремих вчених чи інтелектуальних агентів системи (ІАС) поєднана у відповідних ПЕВО сучасного АПК. Наприклад, інституційних установ НААН України. Поняття парадигми першим застосував Т. Кун [8] і охарактеризував 28 визначень для розуміння сутності науки та механізмів її функціонування в умовах розвитку інтелектуалізації суспільства засобами глобального поширення інтернет та персональних програмно-апаратних комплексів (ПАК) і творчих ІАС [9,10].

**Результати і обговорення. / Results and discussion.** Широко відомі засоби сучасного комп'ютерного моделювання майбутніх СДС, що реагують та змінюють визначальні параметри (адаптуються) під реальними впливами гетерогенних факторів ВПС. Науковий опис зазвичай застосовує принципи: лінгвістики мов; логіки; теорій пізнання, цінностей, оцінювання, вимірювання, синергетики [10-14]. Методи синтезу використовують засоби: аналізу, декомпозиції, класифікації; інтеграції множини часток і компонент; симбіозові гібридизації автономних тіл у системо-технічних комплексах, включаючи глобальні ТПК. Засоби математики [12-14] необхідні для забезпечення існування показників: точності, однозначності результатів, достовірності формальних висновків і тверджень, прискорення процесів інтеграції від простого до надскладного рівня, розуміння сутності, особливості та специфіки для прийняття остаточних ТТР за участю ІАС декількох ПЕВО. За правилами сучасної парадигми [3] в наукових збірниках УкрНДПВТ ім. Погорілого [6,9,10] та у міжнародних публікаціях нові наукові досягнення описують завдяки різним розділам математики з використанням математичних енциклопедій, довідників, словників [12-14] тощо.

Стосовно реальних об'єктів наукового дослідження за потреб АПК та прогнозування динамічних, кінематичних, статистичних і техніко-економічних показників найчастіше були використані математичні теорії: алгебри, множин, графів, математичних моделей, логіки, статистики, алгоритмів, програмування тощо. Тому визначення поняття «алгебраїчна система» трактується у вигляді формального означення [12-14].

$$A = (M, \alpha, F), \quad (1)$$

де  $M$  – множина елементів об'єкту математичного дослідження,  
 $\alpha$  – множина логічних (предикативних) правил для доведення істини,  
 $F$  – множина операцій та функцій для розв'язання чи перетворення, фільтрація, упорядкування вхідних даних у цільові результати.

У наших дослідженнях парадигма поняття «алгебраїчна система  $A$ » в конкретних описах враховує теорію відносності А. Ейнштейна та обмеженості К. Геделя поясненням конкретної сфери застосування, але не за оцінками значної степені  $(-\infty, +\infty)$  абстрактності та універсальності. Тому, для зняття теоретично можливих парадоксів і обмежень, введено описи нерівностей. Тоді маємо коректну форму уніфікації множини змінної  $x$  лише у конструктивно описаному інтервалі:

$$x_{min} \leq x \leq x_{max}, \forall x \in X \in A. \quad (2)$$

Завдяки індексам будь-який елемент  $x$  (наприклад,  $x_i = x_1 = x_2$ ) можливо пов'язати (символ  $x_i$ ) з кортежем  $A$ . Граничні обмеження (додатковий опис пояснень  $x_{min} \in X_{inf}$  та  $x_{max} \in X_{sup}$ ) конкретизують застосуванням ознак: міжнародної метричної системи, масштабів та розмірності конкретного параметру. Всі додаткові описи робимо лінгвістичними правилами звичайних та спеціальних мов [14] у науковій сфері.

У технологіях сучасної цифровізації для ПАК та інтернет мереж застосовують поняття кортеж, як послідовність, що визначає оригінальну кількість компонентів у конкретному описі. Математична предикативна логіка забезпечує початкові умови для переходу між різними ергатичними мовами спілкування. Наприклад, від сфери реальних, оригінальних об'єктів до ділянки зображень формальних алгебраїчних систем  $A$  (1), де далі алгоритмічними засобами та застосуванням ПАК розв'язують конкретні задачі та отримують відповідні результати у математичному уніфікованому вигляді.

Цей опис засобами ПАК можна в зворотному напрямку перетворити у факт повернення в зону оригіналів зрозумілої, однозначної інтерпретації. Але, сама природна багатозначність базових слів та множинність їхніх тлумачень [8], не означає, що інші дослідники, експерти, представники ІАС ПЕВО однаково інтерпретують цифровий друк у символній мові [14]. Вузька спеціалізація наукових працівників формує «вузьку» особисту сферу суспільно-групового розуміння без зайвих, деталізованих пояснень за замовчуванням «Ок!». Саме відомий метод «мозкового штурму» у межах групового ретельного обговорення (за правилами наукової парадигми [3,8] цієї наукової школи) забезпечує швидкість та якість отримання лінгвістичних результатів для подальшого розширеного застосування у суспільстві та міжнародній науці.

Декомпозиція  $A(M, \alpha, F)$  окремо, формальним чином, за предикативними правилами логіки отримує якісні моделі  $A_{MO}(M, \alpha)$ , а також базові, уніфіковані методи  $A_{ME}(M, F)$ . Ці окремі наукові теоретичні результати мають власні оцінки цінності в науці [2], їхнє накопичування здійснюють за інформаційними технологіями у відповідних базах знань, груповою спеціалізацією та описами ефективних застосувань у конкретних типових задачах [9,10]. Відомі багатоплатформні бібліотеки, що підтримують відповідні операційні системи. Наприклад, обчислювальна математична бібліотека Intel Math Kernel Library (Intel MKL) забезпечує для досліджень багатьох потоків застосовувати математичні функції з назвами BLAS, LAPACK, ScaLAPACK, Солвер. Рекомендовано виконувати векторні функції, перетворення Фур'є для розріджених моделей СДС. За потреб можливі зв'язки з пакетами: IntekR Parallel Studio XE; IntelR Cluster Studio XE; Intel C++Composer XE; IntelR Fortran Composer XE та інші.

Адаптація СДС, ресурсоефективний прогноз безпеки та випробування функціональної стійкості збурених режимів, живучості терміну експлуатації за різними технологічними циклами виробництва, неможливі без відповідних комплексних досліджень з розв'язками складної задачної системи [15].

Для цього потрібна, як доводить практика, відповідна наукова парадигма як спеціального [10,15] науково-методичного апарату (НМА). Слід підкреслити, що створення нових, інноваційних, майбутніх об'єктів обумовлює одночасно новизну саме на теоретичному рівні. Будь-який об'єкт особливо за теоретичними ознаками розвиненої науки [9] існує, як новий, якщо до цього факту він не був теоретично (формально, символічно, деталізовано) описаний стосовно інновацій: аспектів; матеріалів, елементів, конструктивів, блоків, модулів, комплексів, підсистем. Кожна авторська ідея дієвого об'єкта за категорією інновація (Авідо) захищається окремими документами на авторське право подібно до: свідоцтва, технологій, патентів.

Елементами новизни об'єкта та Авідо у науковому сенсі є кортеж:

$$H = (S, P, R), \quad (3)$$

де:  $S$  – нова назва, опис оригінального об'єкта та його множинний склад з відомих і поки ще невідомих за функціональністю застосування компонентів;

$P$  – множина і опис параметризованих властивостей та показників її функціонально визначеної якості;

$R$  – множина і опис парних (чи множинних) зразків, які характеризують сутність, особливість, специфіку конкретних відношень у межах реалізації означених в науці процесів.

Чим більший елементарний склад об'єкта, тим значно зростає комбінаторна оцінка [12, 13] простого перебору (опис моделі, наприклад,  $k=100n$ ) варіацій:

$$C_n^m = \frac{n!}{m!(n-m)!} = \frac{n(n-1)(n-2)\dots(n-m+1)}{m!}, C_{100}^3 = \frac{100 \cdot 99 \cdot 98}{1 \cdot 2 \cdot 3} = 53900. \quad (4)$$

Слід підкреслити, що лише зростання кількості відомих елементів у конкретному ПЧК, обумовлює одночасно і новизну, яка формується у порівняннях з відомими наявними аналогами, прототипами, зразками [15, 16]. Нова якість виникає у наслідок інноваційних відношень за R оцінками. Ситуації динамічно та, як правило, нелінійно змінюють відповідні контрольовані показники технічних й технологічних об'єктів інноваційних ТПК. Принцип лінійності для математичних моделей не тотожний для неоднорідних оцінок:

$$A = \sum_{i=1}^n a_i \neq \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n a_{ij} X_{ij}, \forall \sum_{i=1}^n a_i = 1, m < n \quad (5)$$

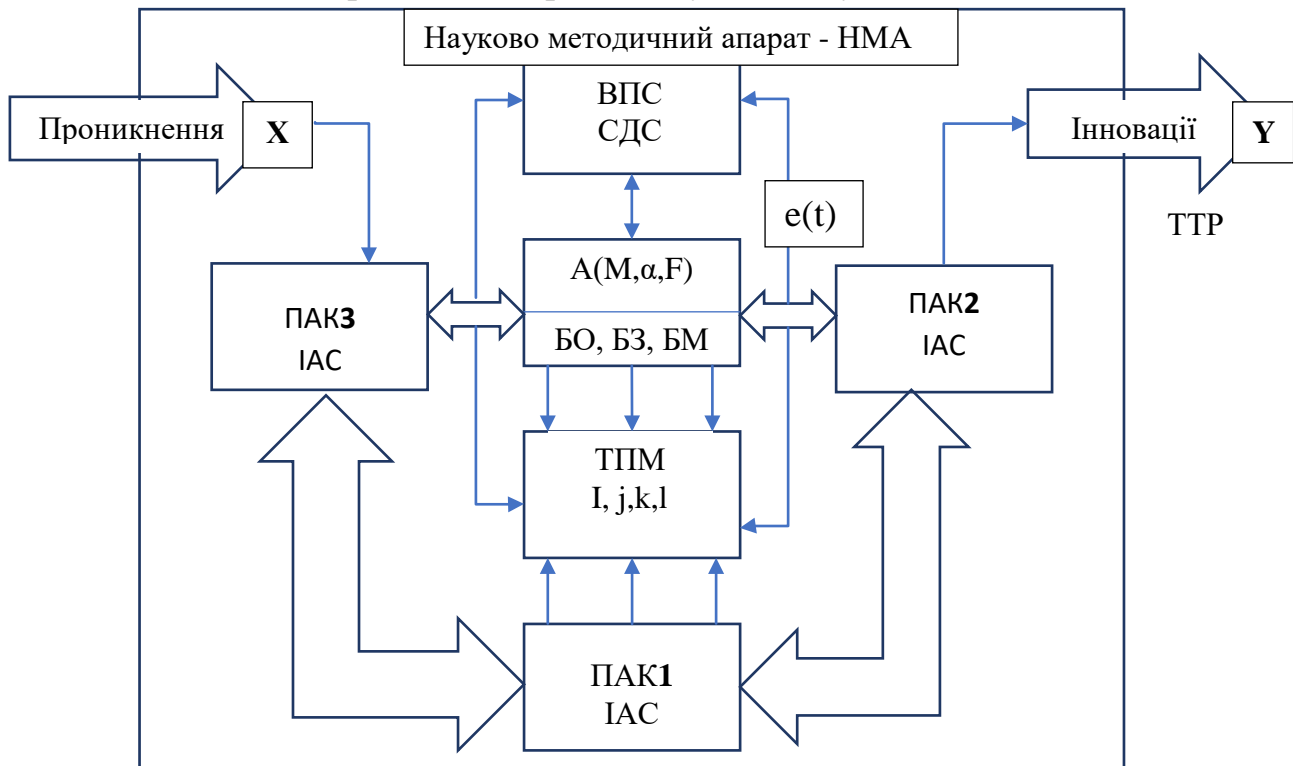
Наприклад,  $A$  – інтегрована вартість цілісного вибору з  $a_i$  складовими, що включає вартість кожного елемента і ресурс системи. Новизна виникає завдяки теоретичним результатам раціональної декомпозиції методами аналізу елементів синтезу  $a_i$  групової та ієрархічної спеціалізації у  $j - x$  блоках чи компонентах єдиного ПЧК для цілісного оригінального [1, 2] об'єкта АПК.

Об'єктивна парна реальність факторів ВПС та їхньої активної участі на зовнішніх, контактних (за граничними поверхнями) форм твердих, конструктивних тіл, обумовлює відповідну адекватну реакцію внутрішнього складу СДС перехідними гетерогенними процесами адаптації [5-7, 15, 16].

Нова парадигма наукового дослідження Авідо для майбутніх замовлень означає формалізацію відношень вже на первинному, початковому рівні перетворення проблемних ситуацій у задачну систему [14], а для кожної тематичної задачі формування (опис, визначення, доказ, прийняття ТТР) відповідно нової (1) алгебраїчної підсистеми [16]. Унаслідок реального, необмеженого в часі цілісного, незалежного, нестационарного, неоднорідного ВПС за парадигмою двоїстості [12] існує (інакше не будуть результати) науково-методичний апарат (Рис. 1), що разом з власною назвою Авідо, фіксує, надає опис та визначає проникнення новизни проблем, замовлень, завдань, комплексних задач, потреб практики у компоненти (структури єдиної парадигмальної цілісної системи) мовних, технічних, технологічних засобів адаптації, прогнозу, випробування для отримання нових ефектів. Згідно із запропонованою схемою до складу НМА входять відомі наявні засоби наукових досліджень (internet, ПАК, бібліотеки операційних систем й додатків спецпризначення, бази знань, бази даних, лінгвістичні та пошукові компоненти інформаційних технологій). За методами аналогії, подібності та теорії розмірності метрологічних вимірів [10, 11] невідомі інноваційні факти (не завершена робота ПЕВО) змінюють спостереження.

Наукова парадигма цифровізації, застосування штучного інтелекту на базі створення цілеспрямованих алгебраїчних систем (1) адекватно, достовірно,

раціонально синтезує інноваційний НМА. Застосування запропонованих засобів НМА гарантує отримання у процесах самоорганізації та мінімізації похибок  $e(t)$  нових знань, закономірностей та прогнозів у певних умовах нових явищ.



**Рисунок 1** – Схема науково-методичного апарату

Покроковий самоконтроль та достовірна, науково доведена оцінка похибок  $e(t)$ , забезпечує у циклах управління приймати рішення «чи вже отримано кінетичні цільові результати, які можливо оприлюднити як новий інтелектуальний (творчий, теоретичний, методологічний) продукт». Зрозуміло, що коли  $0 < e_i(t) < 5\%$  застосовуємо засоби НМА у межах окремого налаштування для наступного чергового пізнавального процесу структурно-функціонального моделювання СДС у нових умовах лінгвістичного опису (уточнення, набуття коректності) джерельних даних [10, 11].

Гетерогенність та багатокритеріальність нових задач лише впливає на швидкість отримання результатів [15, 16]. Накопичування рівня обізнаності та працездатності наявних ПАК1, ПАК2, ПАК3 займає значно тривалий час. Для мінімізації запізнення необхідно та достатньо кодування символів, а також лінгвістично-мовної однозначності понять [12-16]. Символьні зображення циркулюють у багатопотокових реалізаціях процесів моделювання за регламентними правилами [9, 10] випробування, сертифікації, стандартизації нових об'єктів АПК [1, 2, 4, 6].

### **Висновки. / Conclusions.**

Запропоновано застосування лінгвістичного та структурно-функціонального поняття «науково-методичний апарат», що, по-перше, фіксує символи мовних

описів у природній сфері АПК, а по-друге, закріплює наукову двоїстість алгебраїчних систем у вигляді відповідних кодів доказу та апробації теорії у адекватній науковій сфері математичних зображень просторово часового континууму.

Обґрунтовано формування необхідної й достатньої повноти різноманіття множинних (комбінаторних) описів проблем АПК. Означена названа Авідо за критеріями існування в майбутньому різноманітті єдиної науки (теорії та множинної практики) та у межах єдиного завдання ПЕВО для завчасного отримання нових наукових результатів АПК.

Доведено гарантування нормативів інтегрованих показників якості, безпеки, функціональної стійкості, економічності нових СДС у визначених для АПК умовах ТПК.

Завдяки новому НМА з властивостями упередженого, прискореного, завчасного, повного моделювання майбутніх техніко-технологічних процесів експлуатації об'єктів ПЕВО отримані описи: замовлень, передбачених впливів ВПС, ресурсів АПК, бажаних продуктів, товарів та послуг.

Апробовано застосування нового науково-методичного апарату від авторської ідеї Авідо до майбутнього масштабного виробництва АПК.

Доведена ефективність засобів двобічних перетворень кортежних описів на кожному етапі цілеспрямованого процесу мінімізації контрольованої похибки  $e_i(t)$  за визначальними критеріями синтезу конструктивних техніко-технологічних каналів, які забезпечують досліджуванню глобальну двоконтурність завдяки реалізації додаткових інноваційних вимірювань, блоків оцінювання і прийняття рішення на адекватне коригування та відновлення рівнів гарантованої ресурсоефективності в технологіях АПК на прогностичний термін функціонування.

### Література

1. Agro-engineering: ways to solve environmental and energy problems in agriculture. Kravchuk V. I., Targonya V. S., Gaidai T. V., Bulgarian national society of agricultural engineers «Engineering and Research for Agriculture». November, 2020.
2. Guaranteed-adaptive control of agriculture machines working processes and its efficiency / Kravchuk V. I., Baranov G. L., Salai Karnil, Gaidai T. V., Komisarenko O. S. Journal of advanced reserch sn dynamical and control systems. (2020).
3. Савостьянова М. В. Аксиологический анализ парадигмальной науки или о роли ценностей в науке. Монография. К.: ПАРАПАН. 2009. – 260 с.
4. Кравчук В. І. Актуальні аспекти розвитку агроінженерної науки в контексті євроінтеграції // Техніка і технології АПК. №1(64). 2015. С.5-9.
5. Теоретичні основи адаптації сільськогосподарських машин / В. І. Кравчук // Монографія. К.: НАУ, 2005. – 208 с.

6. Методологія та методологічні основи функціональної стійкості агровиробництва в умовах ризикованого землеробства / В. Кравчук, Г. Баранов, О. Прохоренко // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: Зб. наук. пр. УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого. Дослідницьке, – 2015. – Вип. 19 (33). – С. 22-31.

7. Баранов Г. Л. Структурное моделирование сложных динамических систем / Г. Л. Баранов, А. В. Макаров – К.: Наукова думка, – 1986. – 272с.

8. Кун Т. Структура научных революций. – М.: ООО «Изд.АСТ», – 2003. – С. 9-268.

9. Інформатизація агропромислового комплексу із застосуванням розгалужених сервісів: стан і перспективи розвитку / В. Кравчук, Г. Баранов, О. Комісаренко // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: Зб. наук. пр. УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого. – Дослідницьке, – 2019. – Вип. 24 (38). – С. 202-213. [http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2019-1-24\(38\)-21](http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2019-1-24(38)-21).

10. Методика синергетичної інтеграції режимів функціонування керованих транспортно-енергетичних об'єктів / В. Кравчук, Г. Баранов, О. Прохоренко // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: Зб. наук. пр. УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого. – Дослідницьке, – 2019. – Вип. 24 (38). – С. 17-27. [http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2019-1-24\(38\)-1](http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2019-1-24(38)-1).

11. Бортини де Р. О., Кузнецов П. Г. Множественность геометрий и множественность физик // Моделирование динамических систем. – Брянск, 1974. – С. 18-29.

12. Математика в понятиях, определениях и терминах: В 2-х ч. / О. В. Мантуров, Ю. К. Солнцев, Ю. И. Соркин, Н. Г. Федин. – К.: Рад. Шк., 1986. – С. 41-380, – С. 42-359.

13. Корн Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров. Определение, теоремы, формулы / Г. Корн, Т. Корн // «Наука» ГРФМЛ – М.: 1974. – 832с.

14. Словарь по кибернетике / Под ред. В. М. Глушкова. К.: Гл. изд. Укр. энцикл. – 1979. – 623 с.

15. Баранов В. Л. Системоаналоговое и квазианалоговое моделирование / В. Л. Баранов, Г. Л. Баранов /// Электрон. моделирование. – 1994. – №4 (16). – С. 9-16.

16. Пухов Г. Е. Дифференциальные преобразования и математическое моделирование физических процессов / Пухов Г. Е. – Киев: Наук. – Думка, 1986. – 158с.

## ДОСЛІДЖЕННЯ РИЗИКІВ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ ВИПРОБУВАЛЬНОЇ ЛАБОРАТОРІЇ

**Кравчук В.**, акад. НААНУ, д-р техн. наук, проф., [ndipvt@ukr.net](mailto:ndipvt@ukr.net),

УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого,

**Коробко А.**, канд. техн. наук, доц.,

[ak82.andrey@gmail.com](mailto:ak82.andrey@gmail.com),

Харківська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

**Вступ. / Introduction.** Згідно зі стандартом EN ISO/IEC 17025 [1], випробувальна або калібрувальна лабораторія повинна «...приймати до уваги ризики та можливості, пов'язані з діяльністю лабораторії, для того, щоб: бути впевненою, що система управління здатна досягти своїх запланованих результатів, розширювати можливості для досягнення мети та цілей лабораторії, попереджувати або зменшувати небажані наслідки та можливий збій в діяльності лабораторії, досягти вдосконалення...». Разом з тим, лабораторія повинна планувати: дії щодо ризиків та можливостей, яким чином включити та впровадити ці дії у свою систему управління та оцінювати результативність цих дій.

**Метою роботи / Aim** є вдосконалення системи управління лабораторії обґрунтуванням принципів, класифікації та оцінювання її ризиків із застосуванням мислєдіяльної методології.

**Матеріали і методи. / Materials and methods.** У роботі [2] проведено детальний аналіз підходів до визначення поняття «ризик». Стосовно випробувальної лабораторії введемо таке поняття: «ризик-ймовірність отримання недостовірних результатів».

Будь-який ризик є сукупністю різних факторів. Перш за все – це деяка проблема, коли є загроза відхилення фактичного стану системи управління від «ідеального» (оптимального). Ця загроза пов'язана із певними умовами функціонування. У сукупності це можна назвати умовою виникнення загрози. Залежно від того, наскільки точно будуть проаналізовані проблема та умови її виникнення, буде вироблено одне із керівних рішень – допустиме або оптимальне, яке буде визначати ефективність від впровадження превентивних дій та рівень залишкового (невизначеного) ризику. Допустиме рішення – рішення, за результатами впровадження якого буде досягнута мінімізація негативних наслідків за визначених умов функціонування. Оптимальне рішення – рішення, за результатами впровадження якого буде досягнута максимальна мінімізація негативних наслідків, незалежно від інших умов. Вибір допустимого чи оптимального рішення залежить від рівня ризику.



У роботі [3] розглядається управління ризиками на прикладі промислових підприємств. Аналізується зовнішнє і внутрішнє середовище підприємства, вплив ризиків на діяльність підприємства загалом. Дано рекомендації з впровадження ризик-менеджменту в наявну систему менеджменту якості. Також у цій роботі з посиланням на роботи [4, 5] акцентується увага на тому, що ризик-орієнтоване мислення є однією з вимог міжнародного стандарту в області систем менеджменту якості. Воно пов'язане з процесним підходом і має здійснюватися системно; неправильні дії в ризик-орієнтованому підході можуть призвести до отримання суб'єктом господарювання збитків.

Отже, джерелами внутрішніх ризиків діяльності випробувальної лабораторії є процеси в її системі управління. В роботі [6, 7] діяльність лабораторії розглядається з точки зору мислєдїяльнїсної методологїї і роздїляється на рївнї, функцїї і фази. Рївнї ієрархїї визначаються рївнем встановлєних вимог. Фази – послїдовнїстю впровадженнї нових редакцїї нормативних документїв, що регламентують дїяльнїсть випробувальної лабораторїї. Види функцїї – визначають роль окремих елементїв системи управлїння в загальнїй системї. Застосуваннї вказаного пїдходу дає можливїсть сформулювати у загальнму виглядї класифїкацїю ризикїв дїяльнїстю випробувальної лабораторїї.

Рївнї ієрархїї визначаються рївнем ризикїв (нїзкий, високий, середнїй) вїд настаннї негативнїої ситуацїї. Запропонованї рївнї ієрархїї не є вичерпними і може застосовуватись бїльш детальна класифїкацїя.

Фази визначаються видом (категорїєю) ризику за етапом його визначеннї. Прогнозованї ризики визначаються методом прогнозуваннї на визначений майбутнїй перїод часу (наприклад, наступнїй калєндарнїй рїк). Фактично виявленї – ризики, якї виявленї і можуть статись протягом короткого майбутнїого перїоду часу. Не виявленї – ризики, що залишаються не ідентифїкованими або виникають вїд впровадженнї непраильних превентивних заходїв. Цї ризики обумовлюються невизначенїстю вхїдної інформацїї пїд час аналізуваннї ризикїв та недостатнїстю заходїв для усунєння можливих негативних наслїдкїв.

Види функцїї визначають джерело походженнї ризику в системї управлїння. Такими джерелами є:

– основна функцїя:

- 1) ризики пов'язанї з вїдбїраннїм зразкїв;
- 2) ризики пов'язанї з поводженнїм зї зразками;
- 3) ризики пов'язанї, безпосереднїю, з випробуваннїями;

– допомїжна функцїя (забезпеченнї основнїої функцїї):

- 1) ризики пов'язанї з ресурсами;
- 2) ризики пов'язанї з процесами;

– керівна функція:

1) ризику структури управління;

2) ризику політики діяльності взагалі та управління якістю, зокрема.

Наведена класифікація заснована на структурі стандарту [1].

**Результати та обговорення. / Results and discussion.** Запропонована система класифікації ризиків дає змогу із усієї множини можливих ризиків ті, що є найбільш ймовірними та скласти «ризик-профіль» лабораторії. «Ризик-профіль» лабораторії – це умовний показник, що характеризує здатність лабораторії до можливого надання недостовірних результатів випробувань. Формування «ризик-профілю» лабораторії відбувається за такими показниками:

– лабораторія є самостійною юридичною одиницею;

– лабораторія використовує методи випробувань;

– лабораторія залучає найманий персонал (відношення кількості протоколів випробувань (із залученням зовнішнього персоналу) до загальної кількості протоколів випробувань) протягом останніх 12 місяців;

– наявність дублювального випробувального устаткування (засобів вимірювальної техніки);

– кількість нових (протягом останніх 12 місяців) зовнішніх постачальників продукції і послуг;

– кількість випробувань (протоколів випробувань) із залученням субпідрядної лабораторії (% від загальної кількості протоколів випробувань протягом останніх 12 місяців);

– лабораторія протягом останніх 12 місяців брала участь у міжлабораторних порівняльних випробуваннях (% методів у сфері акредитації);

– кількість обґрунтованих скарг від замовників про порушення договірних зобов'язань (протягом останніх 12 місяців);

– кількість виявлених невідповідностей в ході внутрішніх аудитів (протягом останніх 12 місяців);

– кількість випадків виявлення невідповідної роботи поза внутрішніми аудитами (протягом останніх 12 місяців).

Кожному показнику присвоюється певна кількість балів залежно від його фактичного значення. Далі присвоєні бали підсумовуються і «ризик-профіль» розділяється за рівнями:

– від 0 до 25 балів – низький ступінь ризиків;

– від 30 до 50 балів – середній ступінь ризиків;

– від 55 до 100 балів – високий ступінь ризиків.

Визначення «ризик-профілю» лабораторія повинна проводити не менше одного разу на рік, наприклад, на початку року, або перед аналізуванням з боку керівництва, а також під час внесення змін до системи управління.

Під час практичного застосування розробленої методології проводилось оцінювання двох випробувальних лабораторій (Лабораторія «А» і Лабораторія «Б»). Сфера акредитації лабораторій: випробування сільськогосподарських машин і приладдя.

Під час аналізування було встановлено таке:

– «ризик-профіль» Лабораторії «А» – 45 балів;

– «ризик-профіль» Лабораторії «Б» – 30 балів;

Подальшим аналізуванням було встановлено таке.

Причинами завищеного рівня ризику Лабораторії «А» стало таке: забезпеченість дублювальними засобами вимірювальної техніки склала менше 50 %, та залучення до процесу випробувань найманого персоналу. Крім цього подальше аналізування дало можливість виявити той факт, що у наступному календарному році 30 % засобів вимірювальної техніки повинні пройти чергове калібрування, а відсутність дублювальних приладів (на період калібрування основних) може стати причиною затримок у виконанні договірних зобов'язань.

У Лабораторії «Б» причиною підвищення рівня ризику стало залучення збільшеної кількості зовнішніх постачальників продукції і послуг, внаслідок складної епідеміологічної ситуації в країні (2020 р.)

**Висновки. / Conclusions.** Запропоновані принципи класифікації та метод оцінювання ризиків випробувальної лабораторії застосуванням мислєдїяльнїсної методологїї. Це дало змогу встановити залежність між рівнем ризику, його джерелом і періодом впливу, що дає змогу визначити найуразливіші на даний момент часу елементи системи управління та намітити шляхи для покращення і пошуку можливостей.

Наукова цінність дослідження полягає в обґрунтуванні принципів класифікації та оцінювання ризиків випробувальної лабораторії застосуванням мислєдїяльнїсної методологїї.

Практична цінність дослідження полягає у можливості формування «ризик-профілью» лабораторії, що дає об'єктивну інформацію про поточний стан системи управління лабораторії та указує на можливі шляхи покращення.

### Література

1. EN ISO/IEC 17025:2017 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. Acting on 2018-01-01.
2. Связова Т. Г. Управление рисками в системе менеджмента качества: экономическое содержание и классификация рисков. Вестник Московского университета. – 2017. – № 6. – С. 143–166.
3. Романовская В. Е. Управление рисками в системе менеджмента качества. Управление качеством в интересах устойчивого развития : сборник

материалов межвузовской научно-практической конференции. С. – Пб. : Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. – 2019. – С. 160-169. doi:10.18720/SPBPU/2/id19-1645/

4. Supplier selection based on complex indicator of finished products quality / Chernikova A., Golovkina S., Kuzmina S., & Demenchenok T. В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 19. Сер. “Energy Management of Municipal Transportation Facilities and Transport, EMMFT 2017”. 2017. P. 012–045.

5. Panfilova O., Okrepilov V., Kuzmina S. Globalization impact on consumption and distribution in society. Matec web of conferences. 2018. Federal Register. 170. P. 01-032.

6. Коробко А. І., Шатіхіна В. Є. Віртуальний тренажер акредитованої випробувальної лабораторії. Перспективні технології та прилади. – 2020. – № 17. – С. 72-78.

7. Кравчук В., Коробко А., «Ризик-профіль» випробувальної лабораторії. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Зб. наук. пр. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, Дослідницьке, 2021. Вип. 28(42). С. 14-20. [http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2021-1-28\(42\)-1](http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2021-1-28(42)-1).

## ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРМУВАННЯ МОДЕЛІ ВИПРОБУВАНЬ

**Калінін Є.**, д-р техн. наук, доц.,

ХНТУСГ імені Петра Василенка, [kalininhntusg@gmail.com](mailto:kalininhntusg@gmail.com),

**Коробко А.**, канд. техн. наук, доц.,

Харківська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, [ak82.andrey@gmail.com](mailto:ak82.andrey@gmail.com),

**Шатіхіна В.**,

ХНАДУ, [vshtihina@gmail.com](mailto:vshtihina@gmail.com),

**Вступ. / Introduction.** Оцінка втрати адекватності під час переходу від природи до експерименту зараз здебільшого не проводиться, хоча повсюдно велика увага приділяється масштабам подібності, якими, власне, і займається класична теорія подібності. Такий стан може бути пояснено частково тим, що оцінка втрати адекватності виходить за рамки теорії подібності і відноситься до імітації.

**Метою роботи / Aim** є кількісне оцінювання втрати адекватності під час використання немодельного впливу у випробуваннях систем.

**Матеріали і методи. / Materials and methods.** Відомі роботи, де обговорюються питання формування збурень для ідентифікації систем. Завдання ідентифікації ширше завдання випробувань. Тому в роботах з ідентифікації обговорюється і питання, яке розглядається.

Серед таких робіт слід згадати [1], де розглянуто вибір вхідного сигналу для ідентифікації вектора параметрів, які лінійно входять в вагову функцію системи, або для уточнення за параметрами наближено відомої вагової функції. У цій роботі завдання розглянуте в статистичній постановці і на вибір вхідного сигналу обмеження не накладаються.

У роботі [2] вхідні впливи на системи оцінюються за погрішностями ідентифікації за наявності перешкод. У цьому сенсі різні сигнали виявляються суттєво нерівноцінними. Це дає змогу автору шукати оптимальну послідовність випробувальних впливів. Результати [2] виявляють можливість будувати оптимальну стратегію ідентифікації в умовах імітації. Однак в [2] не враховується зовсім натуральний вплив, що робить задачу ідентифікації надмірно широкою для випробувань в умовах імітації.

Серед інших робіт, де вивчається відмінність у вхідних випробувальних сигналах, можна вказати [3; 4; 5; 6].

Спробуємо по-іншому формалізувати задачу вибору впливів і намітити шляхи її розв'язку. В основі наших побудов використовуються поняття функціонального моделювання. Нехай  $A_0$  – апріорна математична модель випробуваної системи. Ця модель відома до експерименту і має вигляд оператора

$A_0$ , який зв'язує вектор  $x$  впливів і вектор реакції (траєкторії) у системи, тобто:  $A_0(y) = x$  або  $y = A_0^{-1}(x)$ .

**Результати та обговорення. / Results and discussion.** Метою будь-яких випробувань є експериментальне визначення ступеня (міри) неадекватності моделі  $A_0$  і натуральної системи  $A$ .

Крім математичної моделі (1), введемо перелік розрахункових параметрів  $\varphi_i(y), i = \overline{1, n}$ . Нехай ці параметри цікавлять дослідника першими; вони розраховуються на базі математичної моделі  $A_0$  і вони ж будуть спостерігатися в експерименті. Прикладами можуть служити максимуми показників елементів системи або інтеграли від них. З математичної точки зору  $\varphi_i$  є функціоналами, які визначені на траєкторіях системи.

За змістом введення функціоналів  $\varphi_i$  ясно, що міру неадекватності тих чи інших умов слід визначати, порівнюючи вектори  $\varphi \equiv \{\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n\}$ , які обчислені в цих умовах.

Нехай, далі  $U$ , є множиною допустимих (стендових) впливів і  $u \in U$ . Будемо вважати, що математична модель  $u(t)$  стендового впливу досить точна. Натурний (або модельний) вплив задається досить точною математичною моделлю  $v(t)$  ( $t$  – час). Однак, згідно з метою нашого завдання,  $v(t) \notin U$ , тобто подобу впливів в експерименті не може бути досягнуто. Необхідна імітація.

Ясно, що, якщо  $A_0$  – є математична модель системи, то  $y(A_0, v)$  – математична модель траєкторії системи у модельному впливі  $v(t)$ . При цьому, передбачені значення параметрів  $\varphi_i$  позначимо як  $\varphi_i(y(A_0, v))$ , а весь вектор  $\varphi$  як  $\varphi(y(A_0, v))$ . Для стислості запишемо цей вектор як  $\varphi(A_0, v)$ . Отже,  $\varphi(A_0, v)$  є математичною моделлю вектору  $\varphi(A, v)$ , отриманого в експерименті з реальною системою  $A$  (або з її моделлю) і з модельним впливом  $v(t)$ .

Отже, міра неадекватності опису  $A_0$  системи  $A$  у класичному модельному експерименті була б обчислена як математична міра  $\rho$  віддалення векторів  $\varphi(A, v)$  і  $\varphi(A_0, v)$ , тобто міра неадекватності опису  $A_0$  є число  $\rho(\varphi(A, v), \varphi(A_0, v))$ .

Часто застосовуються міри:

$$\begin{aligned} \rho_1^2(\varphi^{(1)}, \varphi^{(2)}) &= \sum_{i=1}^{i=n} (\varphi_i^{(1)} - \varphi_i^{(2)})^2; \\ \rho_2(\varphi^{(1)}, \varphi^{(2)}) &= \sum_{i=1}^{i=n} |\varphi_i^{(1)} - \varphi_i^{(2)}|; \\ \rho_3(\varphi^{(1)}, \varphi^{(2)}) &= \max_i \{|\varphi_i^{(1)} - \varphi_i^{(2)}|\}. \end{aligned} \quad (1)$$

У наших обмеженнях в експерименті можна спостерігати тільки вектори  $\varphi(A, u)$  і  $u \in U$ . Природно, що порівнювати ці вектори для обчислення міри неадекватності можна тільки з векторами  $\varphi(A_0, u)$ .

Отже, математично задача найкращої імітації в цьому випадку зводиться до найкращої апроксимації величини  $\rho(\varphi(A, v), \varphi(A_0, v))$ , що не спостерігається, величиною  $\rho(\varphi(A, u), \varphi(A_0, u))$ .

З «нерівності трикутника» для міри  $\rho$  в просторі векторів  $\varphi$  отримуємо оцінку

$$|\rho(\varphi(A, v), \varphi(A_0, v)) - \rho(\varphi(A, u), \varphi(A_0, u))| \leq \rho(\varphi(A_0, v), \varphi(A_0, u)) + \rho(\varphi(A, v), \varphi(A, u)). \quad (2)$$

У правій частині (2) стоять міри неадекватності впливів  $u(t)$  і  $v(t)$ , які обчислені за  $A_0$  і за  $A$  відповідно. Припустимо, що, починаючи з деякого рівня близькості  $A_0$  до  $A$ , обидва доданки у правій частині оцінки (2) мають властивість:

$$[\rho(\varphi(A_0, v), \varphi(A_0, u_1)) - \rho(\varphi(A_0, v), \varphi(A_0, u_2))] \times \\ \times [\rho(\varphi(A, v), \varphi(A, u_1)) - \rho(\varphi(A, v), \varphi(A, u_2))] \geq 0 \quad (3)$$

де  $u_1, u_2 \in U$ .

У цьому випадку з (3) випливає, що оцінка (2) на множині  $U$  допустимих (стендових) впливів може бути поліпшена, якщо як  $u(t)$  застосувати вплив  $u^*(t) \in U$ , що визначається за ознакою

$$\rho(\varphi(A_0, v), \varphi(A_0, u^*)) \equiv \min_{u \in U} \rho(\varphi(A_0, v), \varphi(A_0, u)). \quad (4)$$

Визначення (4) найкращого випробувального впливу є коректним, якщо існує мінімум. Ясно, що для технічних потреб можна замість ознаки (4) застосовувати метод послідовних наближень, де  $u^*(t)$  замінюється на  $u_{i+1}(t)$ , де  $u_{i+1}(t)$  має лише властивість:

$$\rho(\varphi(A_0, v), \varphi(A_0, u_{i+1})) < \min_i \{\rho(\varphi(A_0, v), T(A_0, u_i))\}. \quad (5)$$

Використання міри  $\rho$ , в такий спосіб, вводить в множину допустимих впливів  $U$  відношення переваги. При цьому, як можна простежити, враховуються динамічні властивості досліджуваної системи, характер модельного (нездійсненого) впливу, обмежене призначення математичної моделі ( $\varphi$ ) і, нарешті, обмежені можливості випробувального устаткування.

У загальному випадку пошук  $u^*(t)$  за залежністю (4) являє собою варіаційну задачу, в найпростішому випадку – дослідження функції на екстремум. Розглянемо найпростіший приклад.

Нехай система  $A$  і модельний вплив  $v(t)$  задаються лівою і правою частинами рівняння

$$\dot{x} + kx = 2pt, x(0) = 0. \quad (6)$$

Тоді розв'язок  $x(t)$  рівняння (6) відповідає траєкторії системи в ідеальних модельних випробуваннях. Нехай для простоти прикладу вектор-функціонал  $\varphi$  має тільки одну компоненту, наприклад,  $\varphi(A, v) = \int_0^T x(t) dt, T > 1$ .

Як математичну модель системи  $A$  взято найпростіше рівняння  $\dot{y} = u(t)$ ,  $y(0) = 0$ , а можливості випробувального устаткування нехай обмежені тим, що вплив має вигляд «функції включення»  $u(t) = \begin{cases} 0, & t < 0, \\ a, & t \geq 0. \end{cases}$

Множина  $U$  задається обмеженнями:

$$B_1 \leq a \leq B_2, B_1 = pT, B_2 = 2pT. \quad (7)$$

Тому  $\varphi(A_0, u)$  обчислюється на траєкторіях  $y = at$ ,  $B_1 \leq a \leq B_2$ . В умовах нашого елементарного прикладу легко виписуються в явному вигляді всі функціонали:

$$\varphi(A, v) = \frac{2p}{k^2} \left( \frac{kT^2}{2} - T + \frac{1 - \exp(-kT)}{k} \right); \quad (8)$$

$$\varphi(A_0, u) = \frac{aT^2}{2}; \quad (9)$$

$$\varphi(A_0, v) = \frac{pT^3}{3}; \quad (10)$$

$$\varphi(A, u) = \frac{a}{k} \left( T - \frac{1 - \exp(-kT)}{k} \right). \quad (11)$$

Нехай мірою неадекватності є міра  $\rho_1$  (в нашому випадку  $\rho_1 = \rho_2 = \rho_3$ ), тобто:

$$\rho(\varphi^1, \varphi^{(2)}) \equiv |\varphi^{(1)} - \varphi^{(2)}|. \quad (12)$$

Для пошуку випробувального впливу  $u^*$  мінімізуємо міру (12)  $\rho(\varphi(A_0, u), \varphi(A_0, v))$  за  $a$  з обмеженнями (7). З (9) і (10) отримуємо:

$$\rho(\varphi(A_0, u), \varphi(A_0, v)) = T^2 \left| \frac{a}{2} - \frac{p}{3} \right|, a^* = pT. \quad (13)$$

Отже, в рекомендованому експерименті буде спостерігатися функціонал

$$\varphi(A, u^*) = \frac{pT}{k} \left( 1 - \frac{1 - \exp(-kT)}{k} \right), \quad (14)$$

в той час як передбачено буде значення:

$$\varphi(A_0, u^*) = \frac{pT^3}{2}. \quad (15)$$



**Висновки./Conclusions.** В ході досліджень встановлено, що міра неадекватності опису системи у класичному модельному експерименті була б обчислена як математична міра віддалення векторів величин самої системи і її опису, тобто міра неадекватності опису є число. Використання міри, таким способом, вводить в множину допустимих впливів відношення переваги. За таких умов, як можна простежити, враховуються динамічні властивості досліджуваної системи, характер модельного (нездійсненого) впливу, обмежене призначення математичної моделі і, нарешті, обмежені можливості випробувального устаткування. У загальному випадку пошук являє собою варіаційну задачу, в найпростішому випадку – дослідження функції на екстремум.

### Література

8. Купрюхин Д. Г. Анализ надежности (безотказности) отечественных и зарубежных тракторов. М. : ООО «Столичная типография, – 2008. – 96 с
9. Лихачев В. С. Испытания тракторов: Учеб. пособие для вузов. М. : Машиностроение, – 1974. – 288 с.
10. Калінін Є. І. Вплив обертання елементів трансмісії як пружної системи на власні коливання. Інженерія природокористування. – 2016. – № 45. – С. 24-28.
11. Хабардин В. Н. Определение эффективной мощности двигателя при испытании трактора в тяговом режиме движения с места. Вестник КрасГАУ. – 2009. – № 12. – С. 176-179.
12. Аналітична модель повороту трактора з шарнірно-зчленованою рамою / Лебедєв А. Т., Калінін Є. І., Шуляк М. Л., Колеснік І. В. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. 2016. – Вип. 173. – С. 161-167.
13. Ovsyannikov S., Kalinin E., & Kolesnik I. Oscillation process of multi-support machine when driving over irregularities. Energy Management of Municipal Transportation Facilities and Transport. 2018. P. 307-317. doi: 10.1007/978-3-030-19756-8\_28.

## MATHEMATICAL MODELLING OF POSITION OF THE PROPULSION SUSPENSION WITH ELASTIC CATERPILLAR IN CASE OF COLLISION WITH OBSTACLES

**Nalobina O.**, D-r Tech. Scs , Prof., professor of the department of construction, road, land reclamation, agricultural machinery and equipment

E – mail: [o.o.nalobina@nuwm.edu.ua](mailto:o.o.nalobina@nuwm.edu.ua),

**Holotiuk N.**, Cand. Ttech. Scs, associate professor of the department of construction, road, land reclamation, agricultural machinery and equipment

E – mail: [m.v.holotiuk@nuwm.edu.ua](mailto:m.v.holotiuk@nuwm.edu.ua),

**Bundza O.**, Cand. Tech. Scs, associate professor of the department of construction, road, land reclamation, agricultural machinery and equipment

E – mail: [o.z.bundza@nuwm.edu.ua](mailto:o.z.bundza@nuwm.edu.ua),

National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, UA.

**Introduction.** Crawler machines have a variety of applications. These are industrial and agricultural tractors, caterpillar equipment, pipelayers for the construction of gas pipelines, etc. [1]. The crawler is one of the important mechanisms that determines traction, performance, efficiency and reliability of these machines.

Widespread use of crawler machines is due to the advantages of crawler propulsion, which can significantly increase the permeability of deformed soils, snow, and eliminate seasonality. But the crawler propulsion has some disadvantages such as short service life, especially on abrasive soils, low efficiency, which tends to decrease with increasing speed of the machine. Creating a durable crawler propulsion is a complex scientific and technical problem.

To the research of the operation of caterpillar engines and the dynamics of caterpillar machines are devoted the studies of Erokhin I. G., Chukalov [2]; Godzhaev Z. A. [3]; Fukushima T. [4]; Keller T. [5] and other scientists.

Issues of improvement of caterpillar machines by designing running systems with rubber-reinforced elements are covered in the works of Fukushima T. et al [4] presented the results of research on the rubber tracked propulsion of the tractor.

Given that rubber tracked machines are becoming increasingly popular, especially in agriculture, the task of establishing soil stresses under the influence of rubber tracks is urgent. Keller T. et al [5] solved this problem based on the principles of mathematical modeling. The researchers substantiated the model for determining the distribution of vertical

tension at the boundary between rubber caterpillars and soil. It is established that the tension distribution in the longitudinal direction is described by harmonic oscillations. In the lateral direction, the tension distribution is modeled by a linear function.

According to the analysis of known studies, all researchers emphasize that the use of rubber-type tracked propulsions can reduce the sealing effect of the chassis system on the ground, ensure the operation of the machine in conditions of high soil moisture and uniformity of normal pressure along the support surface of the propulsion.

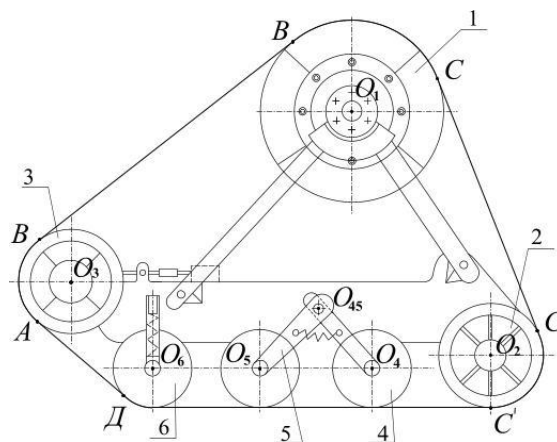
The analysis of current researches has revealed that they present the research of modern designs of rubber-reinforced caterpillars, their influence on soil and passability in various soil conditions.

**Aim.** Obtain equations, which are recommended for further theoretical study of machine oscillations (for example, a mini tractor) in the event of an impact on inequalities, for example, using computer simulations.

**Material and methods.**

Theoretical research is based on the general provisions of theoretical mechanics, the theory of oscillations, the basics of mathematical modeling of complex technical systems, differential calculus and the principles of nonlinear operator control and operator differential control. The research involved the development of a propulsion system for a mini-tractor.

Take a look at the technical system which is the engine (Fig. 1).



**Figure 1** - The scheme of the propulsion for a mini tractor with an elastic caterpillar: 1-driving wheel, 2-guiding wheel, 3-tension wheel, 4, 5, 6 – support rollers

The system moves on the supporting surface - the soil, which is characterized by

the presence of irregularities. During the collision on the unevenness, the supporting surface of the elastic caterpillar will be deformed due to the rising (lowering) of its individual sections. At the same time, in the event of an impact on the inequality, the rollers are lowered (raised).

When hitting the bumps, the body will oscillate. According to the theory of suspension of machines, transverse oscillations can be described by a system of differential equations:

$$\left. \begin{aligned}
 & m\ddot{\delta}_z + 2f \sum_{\kappa=1}^r (\dot{\delta}_z + \dot{\delta}_\beta a_{x\kappa}) + 2c \sum_{\kappa=1}^r (\delta_z + \delta_\beta a_{x\kappa}) = \\
 & = \sum_{\kappa=1}^r (f(\dot{\delta}_{\kappa 1} + \dot{\delta}_{\kappa 2}) + c(\delta_{\kappa 1} + \delta_{\kappa 2})); \\
 & I_y \ddot{\delta}_\beta + 2f \sum_{\kappa=1}^r (\dot{\delta}_z + \dot{\delta}_\beta a_{x\kappa}) a_{x\kappa} + 2c \sum_{\kappa=1}^r (\delta_z + \delta_\beta a_{x\kappa}) a_{x\kappa}; \\
 & I_x \ddot{\delta}_\alpha + 2f \dot{\delta}_y a_y^2 \cdot \kappa + 2c a_y^2 \delta_y \cdot \kappa = a_y \sum_{\kappa=1}^r (\delta_{\kappa 1} (f + c) - (f + c) \delta_{\kappa 2}); \\
 & m' \ddot{\delta}_{\kappa 1} + (f + f') \dot{\delta}_{\kappa 1} + (c + c') \delta_{\kappa 1} = f(\dot{\delta}_\alpha \cdot a_y + \delta_\beta \cdot a_{x\kappa} + \dot{\delta}_z) + \\
 & + c(\delta_\alpha \cdot a_y + \delta_\beta \cdot a_{x\kappa} + \delta_z) + f' \delta_{h1\kappa} + c' \delta_{h1\kappa}; \\
 & m' \ddot{\delta}_{\kappa 2} + (f + f') \dot{\delta}_{\kappa 2} + (c + c') \delta_{\kappa 2} = f(\dot{\delta}_\alpha \cdot a_y + \delta_\beta \cdot a_{x\kappa} + \dot{\delta}_z) + \\
 & + c(\delta_\alpha \cdot a_y + \delta_\beta \cdot a_{x\kappa} + \delta_z) + f' \delta_{h2\kappa} + c' \delta_{h2\kappa},
 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

where  $\delta z$ ,  $\delta \alpha$ ,  $\delta \beta$  is the value of the displacement of the center of mass of the tractor body and the angles  $\alpha$  and  $\beta$  (Euler angles, which determine the orientation of the object relative to the normal coordinate system);  $\delta_{\kappa 1}$ ,  $\delta_{\kappa 2}$  - displacement of the axes of the  $\kappa$ -th wheel or roller during the collision with the obstacle in contact with the caterpillar 1st and 2nd, respectively ( $\kappa$  varies from 1 to  $r$ );  $\delta_{h1\kappa}$ ,  $\delta_{h2\kappa}$  - the magnitude of the change in the height of the point of contact of the soil caterpillar, measured at the center line of the corresponding roller or wheel;  $f$  - coefficient of viscous friction,  $H \cdot c/M$  (characterizes the dissipative forces of the elastic caterpillar).

**Results and discussion.** We got the equation (1), which are recommended for further theoretical study of machine oscillations (for example, a mini-tractor) in the event of an impact on irregularities, for example, using computer simulations.

The last two equations of the system (1) for computer simulation of overcoming obstacles will be presented in operator form.

The operational method is effective and has wide application for simplification of calculations at transition from time domain to frequency.

For this purpose we accept:

1) the beginning of the reference ( $t_1 = 0$ ) is the moment of time when the first pair of symmetrically located rollers is in contact with the highest point of intersection (i-th point of relief);

2) subsequent rollers reach the same point after a period of time  $t_2 = \frac{a_{x1} - a_{x2}}{g_{mp}}$  ;

respectively the following  $t_3 = \frac{a_{x3} - a_{x1}}{g}$  ; wheels  $t_4 = \frac{a_{x4} - a_{x1}}{g}$  . Or in general:  $t_k = \frac{a_{xk} - a_{x1}}{g}$  , where  $g$  - the speed of the tractor.

Then the last 2 equations of the system (1) will take the form:

$$\left. \begin{aligned} m\ddot{\delta}_{\kappa 1} + (f + f')\dot{\delta}_{\kappa 1} + (c + c')\delta_{\kappa 1} &= f(\dot{\delta}_{\alpha} \cdot a_y + \dot{\delta}_{\beta} \cdot a_{x\kappa} + \dot{\delta}_z) + \\ &+ c(\delta_{\alpha} \cdot a_y + \delta_{\beta} \cdot a_{x\kappa} + \delta_z) + f'\delta_{h1\kappa}(t - t_{\kappa}) + c'\delta_{h1\kappa}(t - t_{\kappa}); \\ m\ddot{\delta}_{\kappa 2} + (f + f')\dot{\delta}_{\kappa 2} + (c + c')\delta_{\kappa 2} &= f(\dot{\delta}_{\alpha} \cdot a_y + \dot{\delta}_{\beta} \cdot a_{x\kappa} + \dot{\delta}_z) + \\ &+ c(\delta_{\alpha} \cdot a_y + \delta_{\beta} \cdot a_{x\kappa} + \delta_z) + f'\delta_{h2\kappa}(t - t_{\kappa}) + c'\delta_{h2\kappa}(t - t_{\kappa}). \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

In the symbolic operator form of equation (2) we write taking into account the recommendations (Gaevsky H. [6]) and using the table of originals and images (Laplace transforms), then we obtain:

$$\left. \begin{aligned} \delta_{\kappa 1}(p) \cdot [mp^2 + (f + f')p + (c + c')] &= [\dot{\delta}_{\alpha}(p) \cdot a_y + \dot{\delta}_{\beta}(p) \cdot a_{x\kappa} + \dot{\delta}_z(p)] \times \\ &\times (fp + c) + \delta_{h1\kappa}(p) \cdot (f' \cdot p + c') \cdot e^{(-t_{\kappa}p)}; \\ \delta_{\kappa 2}(p) \cdot [mp^2 + (f + f')p + (c + c')] &= [\dot{\delta}_{\alpha}(p) \cdot a_y + \dot{\delta}_{\beta}(p) \cdot a_{x\kappa} + \dot{\delta}_z(p)] \times \\ &\times (fp + c) + \delta_{h2\kappa}(p) \cdot (f' \cdot p + c') \cdot e^{(-t_{\kappa}p)}. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

The obtained mathematical model of motion is recommended for the formation of a software product for calculating the spatial displacements of the suspensions.

**Conclusion.** The development of theory in mechanical engineering allows developers to ensure the competent design of machines taking into account the real physical processes and phenomena that affect the formation of loads.

A promising way to reduce the time of development and improvement of

machines is to automate the design process using an automated design system based on the introduction of problem-oriented software packages.

Taking into account the prospects of this area, a method of forming a mathematical model of propulsion in case of collision with inequality, which will be the basis for developing a new software product for calculation and in-depth analysis of the propulsion of the developed mini tractor.

The obtained mathematical model of the propulsion motion under the condition of collision with obstacles in a symbolic operator form, which can be used to form a software product for calculating the spatial displacements of the suspensions.

### **List of references**

1. Naumov E.S., Platonov, V.M. Sharipov, Y.S. Schetinin , I.M. (2011). Traction system of a caterpillar tractor. MSTU "MOM", Moscow, 64 p.
2. Erokhin I.G., Chukalov M. Y., Panichkin A.V. (2016). Analysis of crawler propulsion of ground transport and technological machines. Alternative energy sources in the transport and technological complex: problems and prospects of rational use, 2. , 288-291. DOI: <https://doi.org/10.12737/20727>
3. Godzhaev Z.A., Borkowski W., Cypko E., Sokolov-Dobrev N.S., Shekhovtsov V.V., Shevchuk V.P., Lyashenko M.V. (2007). The model is dynamic until the processes of loading the elements of the forward train of the fire extinguisher. Rok IX, Nr 5. Napedy i sterowanie (Poland). Pp. 99-108.
4. Fukushima, T., Inoue E., Muneshi M., Sato K., Oguri T. (2018). A simple rubber crawler model for studying fluctuation in crawler tension. Engineering in Agriculture, Environment and Food, 11(3), 122-126. <https://doi.org/10.1016/j.eaef.2018.02.008>
5. Keller T., Arvidsson J. A model for prediction of vertical stress distribution near the soil surface below rubber-tracked undercarriage systems fitted on agricultural vehicles. (2016). Soil and Tillage Research. 155, 116-123. <https://doi.org/10.1016/j.still.2015.07.014>
6. Gaevsky H. Nonlinear operator controls and operator differential controls / H. Gaevskii, K. Greger, K. Zaharnas. - Mir, 2011. - 336 p.

## **СИСТЕМНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАСТРОЙКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ**

**Алтыбаев А.**, д-р техн. наук, проф.,

эл. почта: [alshyn.altybaev@kaznau.kz](mailto:alshyn.altybaev@kaznau.kz),

Казахский Национальный аграрный исследовательский университет,

Алматы, Республика Казахстан

**Ветохин В.**, д-р техн. наук, доц.,

эл. почта: [veto.vladim@gmail.com](mailto:veto.vladim@gmail.com),

Полтавский государственный аграрный университет, Полтава, Украина,

**Бабинец Т.**, канд. эконом. наук, старший научный сотрудник,

эл. почта: [babinec.t@ukr.net](mailto:babinec.t@ukr.net)

УкрНИИПИТ им. Л. Погорелого, Украина

**Вступление.** Одна из наиболее значимых проблем в области механизации сельскохозяйственных процессов связана с повышением эффективности использования техники сельскохозяйственного назначения, в частности машинно-тракторных агрегатов (МТА) при выполнении полевых механизированных работ. Выполнение полевых механизированных работ (ВПМР) является наиболее сложной производственной системой, как по своей природе, так и по уровню производственной культуры.

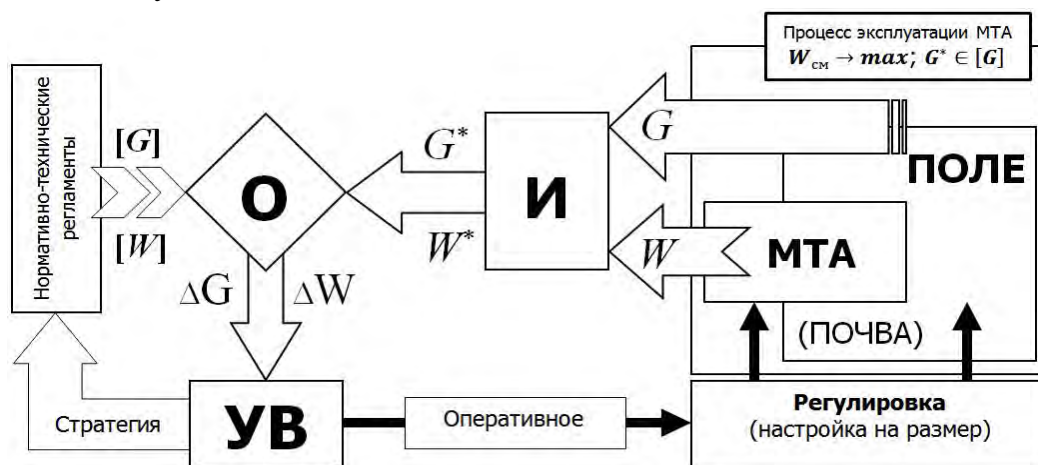
Анализ показывает, что в существующих правилах и рекомендациях отсутствуют четкие технологические регламенты, а, в конечном итоге, обеспечение агротехнических требований выполнения полевых работ во многом определяется личностным качеством исполнителя. Кроме того, результаты специальных экспериментальных исследований показывают, что в соответствии с существующей концепцией агрегат не в состоянии полностью удовлетворить агротехнические требования качества выполнения ВПМР [1,2].

**Цель работы** – поиск новых системных подходов к проектированию процессов технологической настройки МТА

**Методы и материалы.** Методологическим ориентиром исследований служили теория систем, кибернетические принципы управления, современные технологии информационного обеспечения процессов управления, а также теория измерений, оценки качества. Информационно-эмпирической базой послужили статистические данные, публикации различных авторов, материалы специальных исследований; сетевые информационные ресурсы.

**Результаты и обсуждение.** С позиции совершенствования эксплуатационных методов повышения эффективности производства, ключевым понятием в процессах использования машинно-тракторных агрегатов (МТА) при проведении полевых механизированных работ является «сменная производительность» или «выработка» агрегата в течение агросрока выполнения данной технологической операции. Наиболее общими требованиями процесса выработки МТА к структурным компонентам, в том числе и операциям технологической настройки МТА, являются оперативность и точность. Кроме того, следует отметить, что процедуры технологической настройки реализуются в рамках обслуживающей функции исполнителя.

Для системного анализа морфологической структуры и выработки рациональных требований к ее функционированию применительно к процессам «Технологическая настройка» рассмотрим систему управления состоянием [3,4] сложной технической системы (ТС). Как видно из схемы (рис. 1) основными узлами функциональной структуры являются: операция **И** (измерение), в ходе которой определяют значения параметров технологического состояния функциональных элементов  $W$  агрегата и процесса его эксплуатации  $G$ , при этом получают фактические значения этих параметров  $W^*$  и  $G^*$ ; операция **О** (оценка), где сопоставляют полученные значения  $W^*$  и  $G^*$  с допустимыми значениями  $[W]$  и  $[G]$ , записанными в эксплуатационной документации; а при появлении отклонений ( $\Delta W$ ,  $\Delta G$ ) – осуществляют управляющие воздействия (**УВ**) на ТС и процесс его эксплуатации.



**Рисунок 1** – Схема структуры управления состоянием технологической системы

Управляющие воздействия могут быть реализованы через стратегию поддержания технического уровня ТС в целом (ТО и Р) и проведением оперативного управления технологической надежностью производственно-технологической системы путем геометрического позиционирования исполнительных поверхностей рабочих органов в соответствии с условиями обеспечения качества выполнения технологической операции с использованием ТС.



Для дальнейшего анализа на основе принципов системного подхода приняты следующие определения основных категорий:

- параметрами (G) результатов эксплуатации ТС являются показатели качества выполнения технологической операции. (Например, качество выполнения технологической операции «обработка почвы» оценивается рядом показателей, наиболее значимым из которых является стабильность глубины обработки. Фактическое значение  $G^*$  определяется апостериорной диагностикой (оценкой) результатов функционирования ТС в целом);

- параметры технологического состояния ТС (W) характеризуют, как физическое состояние конструктивных элементов, так и пространственное взаиморасположение функциональных составляющих ТС;

- оперативность – выполнение контрольно-измерительных процедур и регулировочных работ за технически обоснованное короткое время;

- точность – характеризует нахождение мгновенного поля рассеяния фактических значений контролируемых параметров в пределах установленного допуска, является мерилем качества выполнения технологической операции;

- регулировка – процедура установления взаимного расположения функциональных элементов ТС с целью управления качеством выполнения выходных результатов эксплуатации (использования). (Количественное значение параметра взаиморасположения рабочей и базовой поверхностей, способствующее обеспечению качества принято называть размерами настройки, а процедура установки – технологической настройкой ТС в целом или ее составляющих).

Контекстный системный анализ указанных категорий в рамках «Сменная производительность / Выработка» позволили сформулировать новые сущности и соответствующие им функциональные свойства, изучение которых способствовало постановке новых научных задач и разработке методов их решения [5], а также инженерно-инновационные решения для практического применения [6].

Материальную базу системы составляют средства измерений, позволяющие оперативно оценить, как показатели качества почвы (сельскохозяйственной культуры), так и состояние технологической работоспособности МТА. Конструктивно-технологические схемы средств измерений разработаны в соответствии с нормативно-технической документацией проведения полевых работ и метрологическими качествами объектов измерений

**Выводы.** Сформулированы основные системные признаки и элементы процессов технологической настройки МТА, что подтверждено разработками материально-технических и технологических компонентов.

Практическая реализация указанных компонентов способствует совершенствованию эксплуатационных решений и повышению эффективности производства полевых механизированных работ.

### Литература

1. Блынский Ю. Н., Воронин Д. М. Эксплуатация машинно-тракторного парка: курс лекций. Ч.1. Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск, – 2014. – 65 с.
2. Плаксин А. М., Ровный И.В. Обеспечение технико-технологической безотказности машинно-тракторных агрегатов. Челябинск, – 1988. – 63 с.
3. Крещук В. В. Метрологическое обеспечение эксплуатации сложных изделий, – 1989. – 200 с.
4. Ветохин В. И., Алтыбаев А. Н., Голованов Д. А. Анализ свойств почвы применительно к процессу управления ее состоянием. Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: редкол.: П. П. Казакевич (гл. ред.) и др. Минск: Беларуская навука, – 2017. – С. 176-179.
5. Alshyn Altybayev, Adilbek Zhanbyrbayev, Besarion Meskhi et al. Computer modeling of the process of depth of soil treatment / Innovative Technologies in Environmental Science and Education - E3S Web Conf. Volume 135, - 2019. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913501078>
6. ССБТ «Комплект приспособлений для контроля технического состояния и настройки сельскохозяйственных машин. Технические условия». СТ РК 12.006-2003. Астана

## СИСТЕМНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ СТРУКТУРНОГО СИНТЕЗА МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ ДЛЯ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

**Ветохин В.**, д-р техн. наук, доц.,

Полтавский государственный аграрный университет, г. Полтава, Украина,

e-mail: [veto.vladim@gmail.com](mailto:veto.vladim@gmail.com)

**Утенков Г.**, канд. техн. наук,

e-mail: [utenkov1951@mail.ru](mailto:utenkov1951@mail.ru)

**Власенко А.**, д-р с.-х. наук, академик РАН,

Сибирский НИИ земледелия и химизации Сибирский федеральный научный центр агробιοтехнологий РАН, Россия, г. Новосибирск.

**Введение.** В каждой отрасли аграрного производства наблюдаются пределы количественного и качественного роста продукции и неустойчивость ее объемов, обусловленное преобладающим использованием экстенсивных технологий, что свойственно в целом большинству регионов [1, 2]. Однако чрезмерное применение экстенсивных технологий делает возделывание неэффективным, что обусловлено высокой удельной энергоемкостью, ухудшением экологического состояния [2]. Это указывает на отсутствие текущего управления, целью которого, как следует из работы [3], является обеспечение заданного качества при минимальных затратах.

Возможность достижения целей такого управления обеспечивается при наличии соответствия между потребным качеством продукции и технологией производства. Это соответствие позволяет обеспечить управление качеством продукции через технологию производства. Для управления качеством необходимо разработать математические модели, описывающие внутреннюю сущность процесса формирования качества под влиянием технологических факторов [4]. Универсальной математической модели для практических расчетов и прогнозов во временном и пространственном измерении пока не существует и создание ее крайне затруднительно.

**Цель работы** – обосновать системные методологические принципы, позволяющие прогнозировать, в складывающихся условиях, параметры и структуру машинно-тракторных агрегатов для основной обработки почвы.

**Методика исследований.** В основу методики исследования положены методы системного анализа, синтеза, а также математического моделирования адаптивных технологических процессов возделывания зерновых культур.

**Результаты исследований.** Считается, что от следующих компонентов во многом зависят экономическая эффективность производства и его экологическая безопасность, а именно:

- агробиологических требований культур;
- агроэкологических условий агроландшафта;
- применяемой технологии возделывания;
- степени энергообеспеченности;
- управляемости технологических процессов.

Указанные компоненты обусловлены рядом факторов.

Основной причиной низкой эффективности возделывания сельскохозяйственных культур является несоответствие сопряжения биологических, экологических циклов, и циклов технологического воздействия в различных климатических зонах.

В своей работе [5] профессор Л. В. Березин отмечает: «Природа не любит однообразия. Каждая почва – плод неповторимого сочетания реакции на действие почвообразующих факторов. ...Следовательно, система обработки должна ориентироваться на почвенные комплексы, если они являются фоном того или иного ландшафта». Однако сельхозмашины, созданные в XX веке, не учитывают стохастический, случайный характер обрабатываемого объекта [6].

Показано, что обработка почвы является наиболее энергоемким технологическим процессом, потребляющим до 40 % всех энергетических и 15% трудовых затрат в растениеводстве [7]. У технологических процессов основной обработки почвы - отвальной вспашки и глубокого рыхления зяби, на долю вредной нагрузки приходится половина 42-5% общей интенсивности механического воздействия. Данные приемы расточительны и по расходу топлива [8]. Однако, обеспеченность сельского хозяйства современной техникой остается основным лимитирующим фактором технологической модернизации земледелия [9].

В свое время академик ВАСНИЛ П. М. Василенко отмечал, что все технологические процессы в сельскохозяйственном производстве должны быть управляемы. Адекватное управление требует достаточного количества ресурсов.

Важнейшей тенденцией современной науки об агротехнологиях должно стать многодисциплинарное, проблемно-ориентированное исследование [10]. Следует учесть, что существует связь между методологией проводимых исследований и уровнем интенсификации материально-технической базы производства сельскохозяйственной продукции. Многодисциплинарным исследованиям в большей степени соответствует системный подход к технологии возделывания зерновых культур [11, 12].

Дальнейшая интенсификация земледелия связывается с развитием биотехнологий и повышением точности выполнения технологических операций [13].

Технологиям точного земледелия в большей мере соответствует действительно возможная величина урожайности  $Y_{дву}$ , определяемая по следующей зависимости:

$$Y_{дву} = 10K_t K_{ФАР} (e^{\pi K_o K_y} - 1) (a \pm \frac{b}{k_n}),$$

где: - 10 – коэффициент перевода урожайности, т/га; -  $K_t$  – коэффициент теплообеспеченности; -  $K_o = 1,0507$  – коэффициент развития; -  $K_{ФАР}$  – коэффициент фотосинтетически активной радиации; -  $K_y$  – коэффициент увлажнения; -  $a$  и  $b$  – коэффициенты аппроксимации; -  $k_n$  – коэффициент неоднородности состояния почвенного покрова.

Перспективным направлением для развития технических средств является разработка и применение гибких технологических систем и многофункциональных агрегатов. А для снижения энергоемкости и улучшения качества обработки почвы важны основные системные функциональные принципы.

Поэтому в основу создания ресурсосберегающих агротехнологий и технического обеспечения энергоемких процессов обработки почвы при возделывании зерновых культур предлагаются следующие принципы:

- принцип суперпозиций, предполагающий, что «сложное» можно представить в виде его декомпозиции на «простое», реализация которых возможно с применением более простых технических решений и меньше затрат ресурсов;
- принцип Эшби, или принцип необходимого разнообразия, отражает нечувствительность объекта при однообразии действия на него;
- принцип блочной модульности, при этом необходимый процесс обработки почвы осуществляется разными рабочими органами и режимами работы;
- принцип Беллмана, согласно которому оптимальной считается траектория, у которой составляющие являются оптимальными;
- принцип управляемости.

Согласно [13], для иерархических систем, к которым относятся агротехнологии, экономический эффект, обусловленный изменением параметров структуры, требующих меньше затрат, чем изменение функции.

В соответствии с изложенным, предложена технологическая схема гибкого технического средства с последовательным расположением блока рыхлящих рабочих органов, блока прикатывающих и частично дробящих почвенные агрегаты прутковых катков и блока ротационных рабочих органов с наличием индивидуального гидравлического управления, обеспечивающих выборочное дробление почвенных глыб.

Также, предлагаемые принципы позволили разработать гибкий автоматизированный технологический комплекс почвообработки на базе энергонасыщенных тракторов, оборудованных турбонаддувом. Применение

данного комплекса в изменчивых условиях позволяет обеспечивать требуемые агротехнические показатели (особенно по показателю крошения почвы, степень крошения, которые не обеспечиваются даже чизельными агрегатами [14], снизить энергоемкость технологического процесса основной обработки почв комплексного содержания на 15–20 %, что в итоге приводит к снижению агросроков проведения полевых работ.

Основные теоретические моменты моделирования рабочих процессов при основной обработке почвы гибкими технологическими комплексами изложены нами в монографии [15]. Новизна предлагаемых технических решений подтверждена патентами на изобретения.

**Выводы.** Одним из главных ориентиров современного аграрного производства является снижения энергоемкости и потребности в ресурсах.

Возделывание преобладающих зерновых культур в изменяющихся внешних условиях, при наличии различных почвенно–климатических зон с пространственно–временной динамикой почвенного покрова, требует более точного управления технологическими процессами.

Предложены и реализованы основные системные принципы для проектирования энергоемких технологических процессов основной обработки почвы, позволяющие прогнозировать рациональную структуру и параметры гибкого технического средства, обеспечивающего требуемые выходные показатели эффективности.

### Литература

1. Липкович, Э. И. Экономические проблемы технического и технологического перевооружения сельского хозяйства / Э. И. Липкович // АПК: Экономика, управление. – 2014. – № 5. – С. 12-20.
2. Научные основы производства высококачественного зерна пшеницы (Под ред. В. Ф. Федоренко, А. А. Завалина, Н. З. Милащенко): науч. издание. - М.: «Росинформагротех». – 2018. – 396 с.
3. Кузнецов Л. А. Управление качеством через технологию производства / Л. А. Кузнецов // Методы менеджмента качества. – 2007. – № 2. – С. 20-23.
4. Стадник А. Т., Кабаков В. М., Кабакова О. Г. Техническая оснащенность сельскохозяйственного производства региона и пути ее совершенствования / А. Т. Стадник, В. М. Кабаков, О. Г. Кабакова // Вестник НГАУ. – 2018. – № 1 (46). – С. 166-173.
5. Березин Л. В. Н. В. Орловский и Н. Д. Градобоев – два пути решения солонцевой проблемы // Творческое наследие профессора Н. В. Орловского, его использование и развитие. Матер. научных чтений - Абакан: ООО «Кооператив «Журналист»», – 2014. – С. 9-21.

6. Давидсон Е. И. Концепция развития сельхозмашин до 2020 года / Е. И. Давидсон // Технологии и средства механизации сельского хозяйства. Сб. научн. Тр - СПб. – 2011. – С. 22.
7. Тягово-приводные комбинированные почвообрабатывающие машины: Теория, расчет, результаты испытаний: монография / В. И. Ветохин, И. М. Панов., В. А. Шмонин, В. А. Юзбашев. - Киев: Феникс, – 2009. – 209 с.
8. Гуреев И. И. Экологическая эффективность комплекса почвообрабатывающих машин для механизации перспективных агротехнологий / И. И. Гуреев // Вестник Курской ГСХА. – 2015. – №4. – С.71-73.
9. Кирюшин В. И. Технологическая модернизация земледелия России: предпосылки и условия / В. И. Кирюшин // Земледелие. – 2015. – №6. – С. 6-10.
10. Баутин В. М., Панфилов В. А. Парадигма развития технологий АПК. / В. М. Баутин, В. А. Панфилов // Экономика сельского хозяйства. – 2017. – №6. – С.18-31.
11. Утенков Г. Л. Концептуальные аспекты совершенствования машинных технологий возделывания зерновых / Г. Л. Утенков, В. И. Ветохин // Техніко-технологічні аспекти розвитку і випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: зб. наук. пр. – Дослідницьке: – 2018. – Вип. 22(36). – С. 210-220. [https://dx.doi.org/10/31473/2305-5987-2018-1-22\(36\)-208-218](https://dx.doi.org/10/31473/2305-5987-2018-1-22(36)-208-218).
12. Ветохин В. И. Анализ властивостей ґрунту стосовно процесу управління його станом з мінімальними витратами ресурсів / В. И. Ветохин, А. Н. Алтибаев // Техніко-технологічні аспекти розвитку і випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: зб. наук. пр. 2017, – Дослідницьке: – Вип. 21(35), – С. 332-338.
13. Семкин А. Г. Механизм целеполагания в системе управления АПК / А. Г. Семкин // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2017. – №2. – С. 16 -17.
14. Маслов Г. Г., Шишкин М. А. Совершенствование технологии глубокого рыхления почвы / Г. Г. Маслов, М. А. Шишкин // Известия Великолукской ГСХА. – 2016. – № 4. – С. 44–48.
15. Утенков Г. Л., Добролюбов И. П. Моделирование рабочих процессов гибких автоматизированных технологических комплексов почвообработки: монография. – Новосибирск: изд-во НГАУ, – 2018. – 204 с.

## АДЕКВАТНІСТЬ ТЕОРЕТИЧНОЇ МОДЕЛІ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІЙ

**Подригало М.**, д-р техн. наук, проф.,

ХНАДУ, [pmikhab@gmail.com](mailto:pmikhab@gmail.com),

**Коробко А.**, канд. техн. наук, доц., [ak82\\_andrey@gmail.com](mailto:ak82_andrey@gmail.com),

Харківська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого,

**Котова Ю.**,

ХНАДУ, [ak82\\_andrey@gmail.com](mailto:ak82_andrey@gmail.com)

**Вступ. / Introduction.** Оцінювання адекватності (достовірності) результатів наукових досліджень здійснюється не лише за відповідністю методів теоретичного аналізу і проведення експериментів сучасному рівню, а також і за адекватністю результатів, які отримані різними методами.

У дослідженні запропоновано новий спосіб оцінювання збігу даних, які отримані різними методами на основі методів математичної статистики.

**Метою роботи / Aim** є обґрунтування методу оцінювання адекватності (зіставлення) наукових результатів, які отримані різними методами.

**Матеріали і методи. / Materials and methods.** У дослідженні застосовані методи теорії ймовірності та математичної статистики.

Питанню дослідження збігу теоретичних і експериментальних результатів присвячено значна кількість робіт як фундаментальних посібників з теорії ймовірності та теорії експерименту, так і публікації з вирішення окремих приватних задач [1, 2, 3, 4]. Проте слід відмітити, що до сьогодення дня, у відомій літературі немає єдиного підходу до термінів і визначень з цього питання [5]. Через це виникають розбіжності у трактуванні окремих понять.

Детальний аналіз показників і критеріїв для встановлення відповідності теоретичного розподілу експериментальному здійснено у роботі [6]. Ці показники мають назву «критерії погодження». Це критерії Пірсона  $\chi^2$ , Колмогорова-Смірнова, Крамера-фон Мізера-Смірнова, Андерсена-Дарлігна, Купера і інші. Також, для перевірки адекватності математичної моделі даним експерименту застосовують критерій на основі зіставлення дисперсії відтворюваності середнього значення функції відгуку і дисперсії адекватності [7].

Крім сказаного, у роботі [8] запропоновано універсальну функцію густини ймовірності. Проте вона є досить складною для практичного застосування. У роботі [9] для вирішення задачі підвищення точності прогнозування надійності запропоновано показник за яким аналізується тільки та ділянка емпіричної кривої, що характеризує кількість бракованих деталей, тобто кінець гілки.



Кожний із розглянутих критеріїв має свою сферу застосування. Проте як спільний недолік можна виділити те, що вони потребують необхідності наявності великої вибірки (від 50, а в окремих випадках від 300 спостережень). Наявні критерії не в повній мірі дають відповідь на питання щодо того, на скільки у кількісному вигляді збігаються теоретичні та експериментальні дані. Також до недоліку можна віднести те, що наявні критерії враховують метрологічні характеристики вимірювань інтегрально, тобто під час оцінювання збігу розподілів окремо не розглядається невизначеність або похибка з якою проводяться вимірювання.

У роботі [10] автори запропонували новий спосіб оцінювання збігу теоретичних і експериментальних даних на основі методів математичної статистики, використовуючи як показник імовірність, з яким збігаються теоретичні і експериментальні дані. Указаний показник засновано на припущенні того, що теоретичні і експериментальні дані розподілені нормально, а теоретичний розподіл змінюється в межах невизначеності вимірювання досліджуваного параметру. Проте ця робота має ряд недоліків, а саме, не до кінця обґрунтовано механізм математичного переходу від розподілу композицій законів розподілу теоретичного і експериментального дослідження до ймовірності їх збігу. Також в [10] не досить детально наведено обґрунтування виведення указанного показника.

**Результати та обговорення. / Results and discussion.** Філософське твердження про те, що практика це критерій істини, призвело до того, що обов'язковим етапом наукових досліджень з природничих і технічних наук є експеримент. Але обмежуватись лише експериментальними дослідженнями не слід, оскільки наукові результати вимагають їхнього узагальнення на інші об'єкти (інші параметри машини, машини, що мають таку ж модель функціонування, тощо). Крім цього, експериментальні дослідження можуть давати вищу, порівняно з теоретичною, похибку результатів, що обумовлена недостатньою точністю вимірювань. Крім цього, результати експериментальних досліджень, отримані різними методами, можуть відрізнятись між собою (наприклад через використання засобів вимірювальної техніки різної точності, різних методик, тощо). З іншого боку, теоретична (як правило, математична) модель будується з урахуванням значної кількості спрощень і допущень, оскільки отримати істинний опис фізичної сутності об'єкту з урахуванням усіх факторів неможливо.

На наш погляд, оцінювання адекватності можна здійснювати порівнянням між собою як результатів теоретичних досліджень, отриманих різними методами, так і результатів експериментальних досліджень, отриманих також різними методами.

Під час проведення експериментальних досліджень точність вимірювання фізичних величин, що нас цікавлять, визначається (залежно від прийнятої моделі оцінювання точності) середнім квадратичним відхиленням виміряних або розрахованих величин від їхніх математичних очікувань або невизначеністю вимірювання.

Розвиток комп'ютерних технологій підвищив не лише точність теоретичних досліджень, а й точність результатів експерименту завдяки автоматизації їх отримання і обробляння. Проте слід сказати, що точність експериментальних досліджень нижче ніж теоретичних і вона повинна визначати точність математичних моделей в теоретичній частині досліджень. Для оцінювання адекватності результатів наукових досліджень досить часто використовуються методи кореляційного аналізу (з використанням кореляційного моменту, коефіцієнту кореляції, кореляційних функцій тощо).

Нехай дослідження одного параметру проводяться методами: Метод 1 і Метод 2. Надалі цифрами 1 і 2 в формулах будуть позначені результати отримані за Методом 1 і Методом 2, відповідно.

Розглядаючи масив значень величин, отриманих Методом 1 і масив значень, отриманих Методом 2, як дві незалежні випадкові величини, необхідно визначати ймовірність їхнього сумісного прояву, що буде критерієм адекватності (зіставності) результатів.

Сумісна густина розподілу двох незалежних випадкових величин може бути визначена відповідно з теоремою множення ймовірності так:

$$f(x_1; x_2) = f_1(x_1) \cdot f_2(x_2), \quad (1)$$

де  $x_1, x_2$  – значення випадкових величин  $X_1$  і  $X_2$ , отриманих Методом 1 і Методом 2;  $x_1 \in X_1, x_2 \in X_2$

$f(x_1), f(x_2)$  – густина розподілу випадкових величин  $X_1$  і  $X_2$ .

Інтегральна функція спільного розподілу результатів, отриманих Методом 1 і Методом 2, має вигляд

$$F(x_1; x_2) = \int_{-\infty}^{x_1} \int_{-\infty}^{x_2} f(x_1; x_2) dx_1 dx_2 = \int_{-\infty}^{x_1} f_1(x) dx \int_{-\infty}^{x_2} f_2(x) dx, \quad (2)$$

Ймовірність збігу результатів визначається подвійним інтегралом

$$\iint_L f(x_1; x_2) dx_1 dx_2, \quad (3)$$

де  $L$  – множина  $\{(x_1; x_2) \mid x_1 = x_2\}$ , тобто бісектриса I-III координатних кутів. Будь-який інтеграл за множиною нульової міри дорівнює нулю.

Тим паче, збіг результатів в межах числових значень  $[X_{\min}; X_{\max}]$  теж має нульову ймовірність.

Отримані результати свідчать про те, що точний числовий збіг результатів досліджень, отриманих різними методами, неможливий. Це обумовлено

безкінечно великою кількістю числових значень випадкових величин як в інтервалі  $(-\infty; +\infty)$ , так і в кінцевому інтервалі  $[X_{\min}; X_{\max}]$ . З огляду на це, пропонується критерій оцінювання адекватності результатів отриманих різними методами у вигляді

$$p = \frac{F_1(X_{\max}) - F_1(X_{\min})}{F_2(X_{\max}) - F_2(X_{\min})}, \quad (4)$$

За  $p=1$  маємо ідеальний випадок збігу результатів. За  $p=0$  теоретичні результати некоректні. Звужуючи межі інтервалу  $[X_{\min}; X_{\max}]$ , під час знаходження математичних очікувань теоретичних і експериментальних даних в його межах, ми тим самим підвищуємо точність оцінювання адекватності.

У рівнянні (4)

$$F_1(X_{\max}) = \int_0^{X_{\max}} f_1(x_1) dx, \quad (5)$$

$$F_1(X_{\min}) = \int_0^{X_{\min}} f_1(x_1) dx, \quad (6)$$

$$F_2(X_{\max}) = \int_0^{X_{\max}} f_2(x_2) dx, \quad (7)$$

$$F_2(X_{\min}) = \int_0^{X_{\min}} f_2(x_2) dx, \quad (8)$$

За нормального закону розподілу випадкових величин доцільно скористатись таблицею нормованого центрованого розподілу, що наведені у відомій літературі. Квантиль нормованого центрованого нормального розподілу

$$(U_{p1})_{\max} = \frac{X_{\max} - m_{x1}}{\sigma_1}, \quad (9)$$

$$(U_{p1})_{\min} = \frac{X_{\min} - m_{x1}}{\sigma_1}, \quad (10)$$

$$(U_{p2})_{\max} = \frac{X_{\max} - m_{x2}}{\sigma_2}, \quad (11)$$

$$(U_{p2})_{\min} = \frac{X_{\min} - m_{x2}}{\sigma_2}, \quad (12)$$

де  $m_{xт}$ ,  $m_{xe}$  – математичне очікування результатів теоретичних і експериментальних даних.

У загальному вигляді отримуємо інтеграл Лапласа

$$F(x) = 1 - Q(x), \quad (13)$$

де  $Q(x)$  – результат взятий з таблиці нормованого центрованого розподілу.

**Висновки. / Conclusions.** Результати проведеного дослідження свідчать про те, що отримати точне числове значення збігів результатів досліджень, отриманих різними методами, неможливе. Це обумовлено безкінечно великою кількістю числових значень випадкових величин як в інтервалі  $(-\infty; +\infty)$ , так і в кінцевому

інтервалі  $[X_{\min}; X_{\max}]$ . Через це запропоновано критерій оцінювання адекватності результатів отриманих різними методами, який рівняється відношенню різниць інтегральних функцій ймовірності за максимального і мінімального значення результату вимірювання.

Подальшого дослідження потребують питання аналізування потужності запропонованого показника і розповсюдження його на методику зіставлення результатів вимірювання отриманих різними експериментальними методами.

### Література

1. Рекомендации по стандартизации. Прикладная статистика. Правила проверки согласия опытного распределения с теоретическим. Часть I. Критерии типа хи-квадрат : Р 50.1.033-2001. [Дата введения 2002-07-01]. М. : Изд-во стандартов, – 2002. – 87 с. (Рекомендации).
2. Налимов В. В. Теория эксперимента. М. : Наука, – 1971. – 208 с.
3. Greenwood, P. E., Nikulin, M. S. A guide to chi-squared testing. New York : John Wiley & Sons, 1996. 280 p.
4. Лемешко Б. Ю., С. Б. Лемешко, С. Н. Постовалов Сравнительный анализ мощности критериев согласия при близких конкурирующих гипотезах. I. Проверка простых гипотез. Сибирский журнал промышленной математики. – 2008. – Т. 11. – № 2 (34). – С. 96-111.
5. Фундаментальные проблемы теории точности / [Под ред. В. П. Булатова, И. Г. Фридендера]. СПб. : Наука, – 2001. – 504 с.
6. Статистический анализ данных, моделирование и исследование вероятностных закономерностей. Компьютерный подход. Монография. / Б. Ю. Лемешко, С. Б. Лемешко, С. Н. Постовалов, Е. В. Чимитова. Новосибирск : Изд-во НГТУ, – 2011. – 888 с.
7. Славутский Л. А. Основы регистрации данных и планирования эксперимента. Учебное пособие. Чебоксары : Изд-во ЧГУ, – 2006. – 200 с.
8. Расчет точности машин и приборов / В. П. Булатов, И. Г. Фридендер, А. П. Баталов и др. [Под общ. ред. В. П. Булатова и И. Г. Фридендера]. СПб. : Политехника, – 1993. – 495 с.
9. Басова Е. В., Копылов Л. В., Петухов С. Л. Новый аппарат оценки согласия эмпирического и теоретических распределений. ААИ Автомобиле- и тракторостроение в России: приоритеты развития и подготовка кадров : 77-я Международная научно-техническая конференция МАМИ, 27-28 марта 2012 г. : материалы. Москва, – 2012. – С. 9-19.
10. Подригало М., Коробко А., Исакова О. Новий спосіб оцінювання збігу результатів теоретичних і експериментальних досліджень. Метрологія та прилади. Науково-виробничий журнал. – 2017. – № 5 (67). – С. 48-51.

## ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ТРАКТОРА У СКЛАДІ З ГРУНТООБРОБНИМ АГРЕГАТОМ

Лебедєв А., д-р техн. наук, проф.,

ХНТУСГ імені Петра Василенка, [lebedev@khntusg.info](mailto:lebedev@khntusg.info),

Лебедєв С., канд. техн. наук,

Харківська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, [hfukrndipvt@gmail.com](mailto:hfukrndipvt@gmail.com),

**Вступ. / Introduction.** Основою ґрунтообробних агрегатів є трактор, активна (корисна) робота якого коливається у межах (60...70) % енергії двигуна, інша енергія витрачається на пасивну (не корисну) роботу [1]. За даними показниками вітчизняні трактори уступають закордонним на (10...15) % [2]. Пасивна робота трактора обумовлена переважно силами шкідливого опору за наявності кута між векторами сили і переміщення, наприклад у складі орного агрегата в асиметричній дії сили опору плуга. Це твердження базується на основних положеннях теоретичної механіки [3], про роботу сили на прямолінійній ділянці шляху. Звичайно, з підвищенням розбіжностей напрямків дій тягової сили трактора і шляху підвищується пасивна робота, що призводить до підвищення витрат енергії на рух трактора.

Рішення проблеми енергозбереження мобільних машин в аграрному секторі відображена у ряді робіт закордонних видань [4, 5]. У цих роботах відзначається перспективність досліджень у напрямку системного рішення проблеми підвищення енергоефективності тракторних агрегатів. Пропонується оцінку енергетичних параметрів трактора визначати як за тяговим зусиллям, так і за моментом на валу двигуна, застосовуючи як один із основних критеріїв ефективності його енергозбереження.

**Метою роботи / Aim** є підвищення ефективності використання трактора у складі ґрунтообробного агрегата науково-технічним обґрунтуванням енергозбереження.

**Матеріали і методи. / Materials and methods.** В основу оцінки тягово-енергетичних і динамічних параметрів тракторів у складі ґрунтообробних агрегатів покладено метод парціальних прискорень [6], який базується на зворотному переході від векторної суми у просторі сил, які діють на трактор до векторної суми у просторі прискорень..

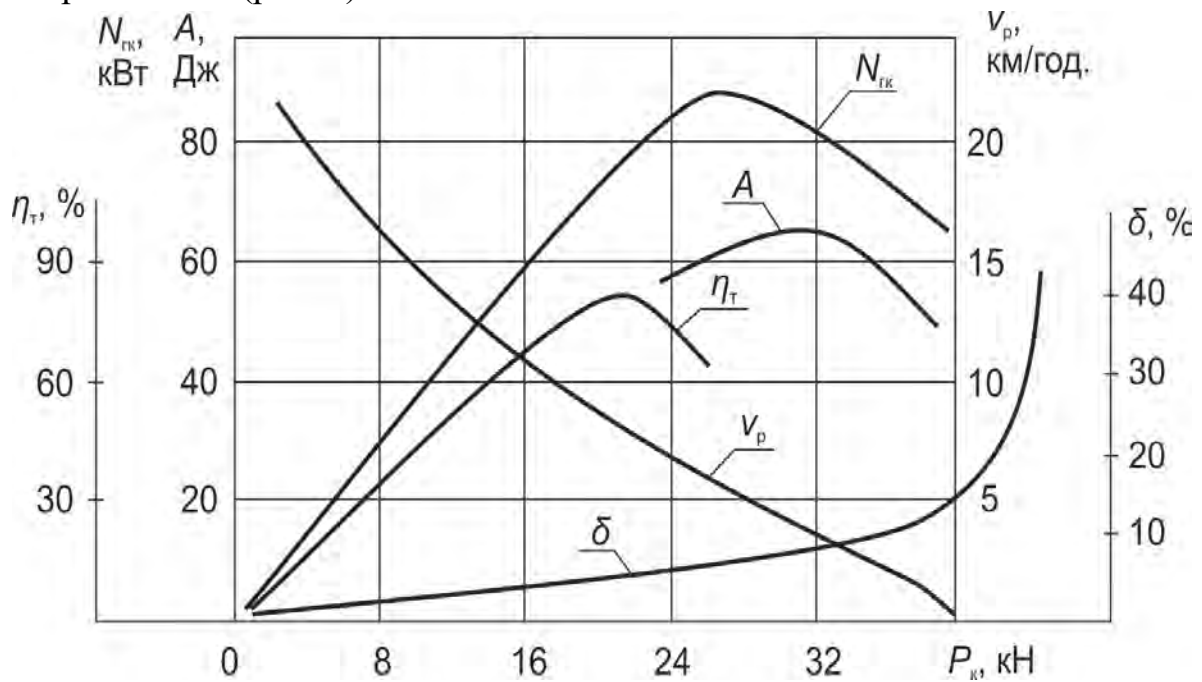
**Результати та обговорення. / Results and discussion.** Трактор у складі ґрунтообробного агрегата працює за циклічним режимом (робочій хід, поворот в кінці гону), виконану роботу яку можна оцінити за залежністю:

$$A = \frac{N_{\text{ГК}}}{1 + \left( \frac{1}{v_{\text{х.х.}} + \frac{T_{\text{он}}}{S_p}} \right) v_p}, \quad (1)$$

де  $N_{\text{ГК}}$  – тягова потужність трактора;  
 $v_{\text{х.х.}}$ ,  $v_p$  – швидкості робочого і холостого ходу;  
 $T_{\text{он}}$  – час зупинки в циклі і повороту у кінці гону;  
 $S_p$  – протяжність робочого ходу (довжина гону).

Залежність (1) визначає оптимальні значення тягової потужності трактора  $N_{\text{ГК}}$  і робочої швидкості  $v_p$  для забезпечення максимальної корисної роботи  $A$  агрегата. Це підтверджено експериментально в Харківській філії УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого під час агрегування трактора ХТЗ-17221 з глибокорозпушувачем ГРУ-2,5 (Франк-2,5).

Корисна робота  $A$  агрегата оцінена за його тягово-швидкісними характеристиками (рис. 1).



$N_{\text{ГК}}$  – тягова потужність;  $A$  – корисна робота;  $\eta_{\text{T}}$  – тяговий ККД;  
 $v_p$  – швидкість руху;  $\delta$  – буксування

**Рисунок 1** – Тягово-швидкісна характеристика ґрунтообробного агрегата ХТЗ-17221 + глибокорозпушувач ГРУ-2,5 (Франк-2,5)

Аналіз цієї характеристики показує, що максимум  $N_{\text{ГК}}$ ,  $A$  і  $\eta_{\text{T}}$  не збігається. Для забезпечення максимальної корисної роботи цього агрегата необхідна його робота з підвищеною силою тяги і зниженою швидкістю руху.

В агрегуванні трактора з сільгоспмашиною енергія витрачається на виконання технологічної операції і на динамічні процеси, які виникають в системі «трактор-сільгоспзнаряддя». Тягові властивості трактора визначається співвідношенням рушійних (тягових) сил та сил опору за несталою руху (розгін, перемикання передач, нестабільність тягового опору сільгоспмашини і т.д.). У такому випадку зміна поступальної швидкості  $v$  руху тракторного агрегата оцінюється за формулою:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{P_{\delta} - \sum P_c}{m_{a2}}, \quad (2)$$

де  $P_{\delta}$  – рушійна сила агрегата (сила тяги трактора);

$\sum P_c$  – сума сил опору руху агрегата;

$m_{a2}$  – приведена до поступально рушійних частин маса агрегата.

У класичній механіці [3] відповідно з рівнянням (2) оцінюється несталий рух системи, тобто  $dv/dt \neq 0$  при  $P_{\delta} \neq \sum P_c$ .

Інноваційний напрямок тягової динаміки трактора полягає у рішенні зворотної задачі: за відомого  $dv/dt$  оцінюється  $P_{\delta}$  і  $\sum P_c$ . Це рішення виконується методом парціальних прискорень, який базується на зворотному переході від векторної суми у просторі сил до векторної суми у просторі прискорень [6].

Запропоновано оцінювати дотичне тягове зусилля на тягових колесах  $P_{\text{T}}$  і на гаку  $P_{\text{ГК}}$  трактора за залежностями [1]:

$$P_{\text{T}} = (m_{\text{T}} + m_{\text{сГ}}) \left[ \dot{v}_{\text{T}}(v) - \dot{v}_{\text{T}}^{\text{B}}(v) \right], \quad (3)$$

$$P_{\text{ГК}} = m_{\text{T}} \left[ \dot{v}_{\text{Tf}}(v) - \left( 1 + \frac{m_{\text{T}}}{m_{\text{сГ}}} \right) \dot{v}_{\text{T}}^{\text{B}}(v) \right], \quad (4)$$

де  $m_{\text{T}}$ ,  $m_{\text{сГ}}$  – маса трактора і сільгоспмашини, відповідно;

$\dot{v}_{\text{T}}(v)$ ,  $\dot{v}_{\text{T}}^{\text{B}}(v)$  – лінійні прискорення трактора відповідно під час розгону і вибігу (вимкнена муфта зчеплення, нейтральна передача трансмісії);

$\dot{v}_{\text{Tf}}$  – прискорення трактора під час дії тільки сили опору коченню на колесах.

За відомої швидкості трактора оцінюється ефективна потужність двигуна  $N_e(v)$  та на гаку  $N_{\text{ГК}}(v)$  трактора:

$$N_e(v) = P_{\delta} V_{\text{аа}} = (m_{\delta} + m_{\text{м}}) V \left[ \dot{V}_{\text{аа}}(v) - \dot{V}_{\text{ааа}}(v) \right]. \quad (5)$$

$$N_{\hat{a}\hat{e}}(v) = P_{\hat{a}\hat{e}} V_{\hat{a}\hat{a}} = m_{\hat{a}\hat{a}} V_{\hat{a}\hat{a}} \left[ \dot{V}_{\hat{o}f}(v) - \left( 1 + \frac{m_{\hat{m}}}{m_{\hat{a}\hat{a}}} \right) - \dot{V}_{\hat{a}\hat{a}\hat{a}}(v) \right]. \quad (6)$$

За співвідношенням  $N_{\text{гк}}(v)$  та  $N_e(v)$  оцінюється тяговий ККД трактора

$$\eta_{\hat{o}}(v) = \frac{N_{\hat{a}\hat{e}}(v)}{N_e(v)} = \frac{\frac{\dot{V}_{\hat{o}}^f(v)}{1 + \frac{m_{\hat{m}}}{m_{\hat{o}}}} - \dot{V}_{\hat{o}}^{\hat{a}}(v)}{\dot{V}_{\hat{o}}(v) - \dot{V}_{\hat{o}}^{\hat{a}}(v)}. \quad (7)$$

Для оцінки за рівнянням (5) і (6) потужності двигуна, на гаку трактора та його тягового ККД (7) під час виконання технологічного процесу визначається маса трактора, агрегатованої сільгоспмашини та її сила опору. Авторами цієї статті сформульовані нові способи визначення маси та опору сільгоспмашин, реалізовані на випробуваннях тракторних агрегатів у Харківській філії УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого.

За залежністю (7) розраховані за експериментальними значеннями  $\dot{v}_T(v)$ ,  $\dot{v}_T^B(v)$  і  $\dot{v}_{Tf}$  максимальні значення  $\eta_{T \max}$  для тракторів МТЗ-1221 –  $\eta_{T \max} = 0,58$ , ХТЗ-17221 –  $\eta_{T \max} = 0,78$ , затребуваних на ринку України.

За даним показником трактора МТЗ-1221 та ХТЗ-17221 істотно відстають від закордонних аналогів. Наприклад [Nebraska, 2015...2019], трактор Case IH Farmall 95 ( $N_e = 60,2$  кВт) має  $\eta_{T \max} = 0,92$ ; John Deere 6130D ( $N_e = 81,76$  кВт) –  $\eta_{T \max} = 0,85$ ; John Deere 8335R ( $N_e = 246,0$  кВт) –  $\eta_{T \max} = 0,86$ ; New Holland T8.390 ( $N_e = 221,4$  кВт) –  $\eta_{T \max} = 0,89$ .

Для забезпечення  $\eta_{T \max}$  необхідне оптимальне поєднання  $P_T$  і  $m_T$  трактора. Подібні задачі в теоретичній механіці вирішуються приведенням сил і маси тіла до єдиної точки [3]. У цьому випадку динамічна модель МТА буде являти собою матеріальну точку з масою  $m_n$ , яка рухається під дією сили  $F_n$  так, що узагальнена координата  $S$  цієї точки збігається з узагальненою координатою агрегата у будь-який момент часу.

При цьому рух агрегата буде забезпечуватися з мінімальними витратами енергії.

Для визначення сили  $F_n$  і маси  $m_n$  МТА необхідно виконання умов:

$$\int_{S_0}^S F_n dS = \sum_{k=1}^m A_k; \quad \frac{m_m v^2}{2} = \sum_{i=1}^n T_i, \quad (8)$$

де  $A_k$  – робота кожної із зовнішніх і внутрішніх сил, що діють на МТА;

$r, n$  – число сил і рухомих ланок;



$T_i$  – кінетична енергія на початку і в кінці проміжку часу, який розглядається.

Для цих умов  $F_n$  і  $m_n$  визначається за залежністю:

$$F_n = \sum_{k=1}^m \left[ F_k \frac{v_k}{v} \cos(F_k, v_k) + M_k \frac{w_k}{v} \right]; \quad (9)$$

$$m_n = \sum_{i=1}^n \left[ m_i \left( \frac{v_{si}}{v} \right)^2 + J_{si} \left( \frac{w_i^2}{v} \right) \right], \quad (10)$$

де  $v_k$  – швидкість точки прикладення сил  $F_k$ , яка діє на ланку агрегата;

$w_k$  – кутова швидкість ланки агрегата, на яку діє пара сил з моментом  $M_k$ ;

$m_i$  – маса ланки;

$v_{si}$  – модуль швидкості центра мас ланки;

$w_i$  – модуль кутової швидкості ланки;

$J_{si}$  – момент інерції ланки відносно осі, яка проходить через центр мас перпендикулярно до площини руху.

Закордонні вчені звертають увагу на те, що ефективність тракторів суттєво залежить від режимів роботи двигуна, де наявні відповідні резерви підвищення економічності.

Про це свідчать спрямованість методики випробування тракторів за процедурою OECD Code 2 в лабораторіях NTTL. При цьому найбільш узагальненими критеріями ефективності тракторів є ККД машинно-тракторного агрегата та близький за суттю до нього показник – середня питома витрата палива в тягово-динамічних випробуваннях за циклами DLG PowerMix, які імітують повний комплекс сільськогосподарських операцій. В Україні випробування тракторів по ДСТУ 7462:2013 (підрозділи 4.3 – 4.6) базуються на гальмуванні їх через ВВП у рухливій гальмівній установці.

Недолік методик випробувань тракторів в лабораторіях NTTL (США) і DLG (Німеччина) з оцінювання тягово-енергетичних показників тракторів полягає у тому, що вони передбачають випробування під час сталого руху тракторних агрегатів без врахування циклів робочого і холостого ходу. Це не оцінює повну роботу трактора під час виконання технологічної операції.

Результатами досліджень доведено, що максимальне значення активної роботи трактора загального призначення на енергоємних ґрунтообробних операціях досягається під час його роботи на підвищеній силі тяги і зниженій швидкості руху, з додатковими витратами енергії під час несталого руху агрегата на гоні складають (2...3) % (пасивна робота) від загальних енерговитрат.

**Висновки. / Conclusions.** Уточнена залежність роботи трактора у складі ґрунтообробного агрегата у напрямку зниження не корисної (пасивної) роботи на повороти на кінці гону і на підвертання на гоні. Доведено, що для забезпечення

максимальної роботи агрегата необхідна його робота з підвищеною силою тяги і з пониженою швидкістю руху.

Доведено і експериментально підтверджено, що додаткові витрати енергії під час несталого руху агрегата на гоні складають (2...3) % (пасивна робота) від загальних енерговитрат.

### Література

1. Лебедев А. Т. Сучасні проблеми теорії трактора. Техніка і технології АПК. – 2021. – № 1 (118). – С. 20-25.
2. Nebraska Tractor Test Laboratory [Електронне джерело]. Режим доступу до ресурсу: [Test Reports | Tractor Test Lab | Nebraska \(unl.edu\)](https://www.testreports.com/Tractor-Test-Lab/Nebraska-unl.edu).
3. Тарг С. М. Краткий курс теоретической механики. М.: Наука, 1968. 480 с.
4. Donell. Farm Power and Machinery Management, Wiley-Blackwer, 2001. 368 p.
5. Klets D.M. Modeling of Mobile Vehicle Skid in Traction Movement Mode. MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – 2013. – № 15 (7). – С. 156-161.
6. Метод парциальных ускорений и его приложения в динамике мобильных машин / Артемов Н. П., Лебедев А. Т., Подригало М. А. и др.; под ред. М. А. Подригало. Харьков: Міськдрук, – 2012. – 220 с.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ТРАКТОРА

**Калінін Є.**, д-р. техн. наук, доц.,

ХНТУСГ імені Петра Василенка, [kalininhntusg@gmail.com](mailto:kalininhntusg@gmail.com),

**Козлов Ю.**,

Харківська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, [hfukrndipvt@gmail.com](mailto:hfukrndipvt@gmail.com)

**Вступ. / Introduction.** Досліджуючи динаміку складних просторових рам, з встановленим на них комплексом агрегатів, якими є трактори, і вирішуючи задачі віброамортизації таких систем з урахуванням можливої податливості рами, зазвичай стикаються з великими труднощами з вибору прийнятної розрахункової динамічної моделі системи і створення сучасного методу розрахунку такої системи з використанням ПК.

**Метою роботи / Aim** є розроблення матричного методу дослідження динаміки трактора як багатомасової просторової системи твердих тіл з довільним розташуванням пружної підвіски тіл на амортизаторах відносно нерухомої опорної поверхні і наявністю пружних зв'язків між тілами, виконані як балкові елементи.

**Матеріали і методи. / Materials and methods.** Методологічною основою роботи є узагальнення та аналіз відомих наукових результатів відносно динаміки двомасових систем в режимах резонансів та використання системного підходу. Для формування наукової проблеми, визначення мети і постановки задач дослідження використовувався аналітичний метод та порівняльний аналіз. Створюючи емпіричні моделі, були використані основні положення теорії стійкості систем, методології системного аналізу та дослідження операцій.

Послідовний розвиток матричного апарату загальної теорії власних і вимушених коливань складної пружної системи формулює загальний підхід до завдань розрахунку коливань заблокованих і амортизованих механізмів і має дві суттєві переваги [1]. По-перше, використання матриць в поєднанні з ПК систематизує і спрощує розрахунки, що є неможливим за будь-якої іншої схеми [2]. Жорсткість і демпфуючі властивості повної системи можуть бути визначені з характеристик окремих амортизаторів, які швидко розраховуються, та інших балкових елементів однаковими автоматичними операціями матричної алгебри [3]. По-друге, застосування матриць вносить особливу математичну чіткість і ясність в загальну постановку задачі, чого не можна досягти за звичайного розгорнутого позначення [4].

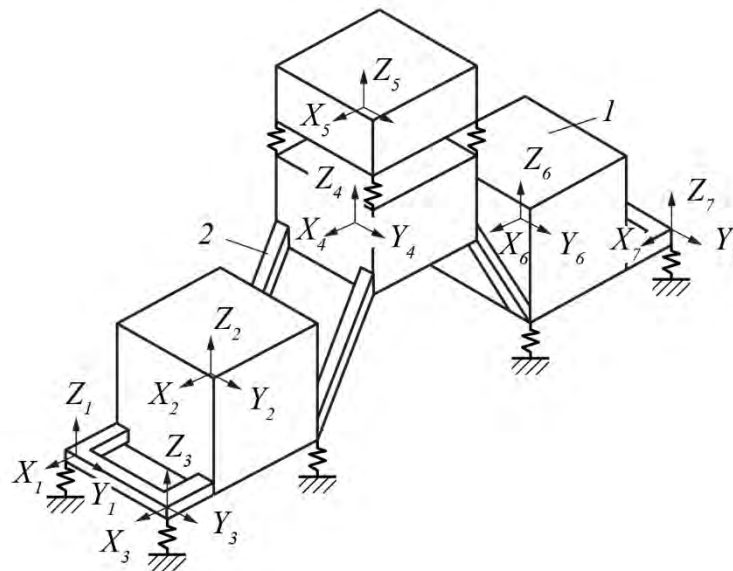
**Результати та обговорення. / Results and discussion.** Представимо колісну машину як амортизовану континуальну конструкцію типу рами з розташованими на ній агрегатами і складальними одиницями. (рис. 1). Замінімо реальну конструкцію на просторову систему тіл, які мають шість ступенів свободи і пов'язані один з одним балочними елементами 2. Припустимо, що досліджувана система може бути представлена як  $n$  твердих тіл 1.

Рівняння малих коливань в матричній формі з використанням матриць жорсткості  $[K]$ , демпфування  $[C]$  і мас  $[M]$  записується так:

$$[M]\{\ddot{X}\} + [C]\{\dot{X} - \dot{U}\} + [K]\{X - U\} = \{F\}. \quad (1)$$

Матриця  $[X]$  характеризує поступальний і обертальний рух кожного твердого тіла.

Матриця  $[U]$  характеризує зсув опорної поверхні і використовується в розрахунку системи пасивної віброізоляції. Матриця  $[F]$  характеризує систему сил і моментів в окремих агрегатах, встановлених на загальній рамі, і використовується в розрахунку системи активної віброізоляції. Надалі для визначеності будемо розглядати тільки систему активної віброізоляції, тобто приймемо, що  $[U] = 0$ .



**Рисунок 1** – Представлення колісної машини як амортизованої континуальної конструкції

Кожну матрицю  $[M]$ ,  $[K]$ ,  $[C]$  і  $[F]$  можна розбити на блоки, причому кожна блок-матриця характеризує окремо взяте тверде тіло і, отже, є матрицею розміром 6 x 6.

Рівняння малих коливань системи в блоковій формі записується так:

$$\begin{bmatrix} M_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & M_2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & M_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{X}_1 \\ \ddot{X}_2 \\ \dots \\ \ddot{X}_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & \dots & C_{1n} \\ C_{21} & C_{22} & \dots & C_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_{n1} & C_{n2} & \dots & C_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{X}_1 \\ \dot{X}_2 \\ \dots \\ \dot{X}_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} K_{11} & K_{12} & \dots & K_{1n} \\ K_{21} & K_{22} & \dots & K_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ K_{n1} & K_{n2} & \dots & K_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \dots \\ X_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ \dots \\ F_n \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Передбачається, що для кожного тіла вибирається система координат  $\{X\}$ , що пов'язана з цим тілом.

Якщо між окремими тілами системи відсутній зв'язок, то частина коефіцієнтів матриць жорсткості і демпфування, які як індекси містять номери цих тіл, відразу ж слід прийняти рівними 0 [5].

Для повного розрахунку власних і вимушених коливань необхідний розв'язок спеціальної алгебраїчної задачі, відомої під назвою «матричної задачі про власні значення».

Розглянемо вільні коливання  $\{F\}=0$  недемпфованої вихідної системи  $[C]=0$ ; тоді рівняння (1) записується так:

$$[M]\{\ddot{X}\} + [K]\{X\} = 0. \quad (3)$$

Прийmemo рішення для  $\{X\}$  у формі

$$\{X\} = \text{Re}\{ve^{i\omega t}\}, \quad (4)$$

де  $\{v\}$  – вектор-стовпець невідомих амплітуд;  $\omega$  – невідома частота.

Підставляючи (4) в (3), отримуємо рівняння алгебри, що зв'язує амплітуди коливань і частоти:

$$[K]\{v\} = \omega^2[M]\{v\}. \quad (5)$$

З рівняння (5) можна визначити власні частоти і форми коливання.

Також  $n$  власних частот  $\omega_r^2$  можна записати як діагональну матрицю  $[\Omega^2]$ , яка називається спектральною матрицею задачі про власні значення:

$$[\Omega^2] = [\omega_r^2] = \begin{bmatrix} \omega_1^2 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \omega_2^2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \omega_n^2 \end{bmatrix}. \quad (6)$$

Кожен власний вектор і відповідна власна частота задовольняють співвідношенням:

$$[K]\{v_r\} = [M]\{v_r\}\omega_r^2. \quad (7)$$

Використовуючи модальну і спектральну матриці можна записати співвідношення (7) як єдине матричне рівняння:

$$[K][V] = [M][V][\Omega^2]. \quad (8)$$

Для визначення власних частот і форм коливань недемпфованої системи з використанням ПК найбільш ефективний метод діагоналізації послідовними обертаннями. Цей метод є одним з найстаріших, але до недавнього часу практично не використовувався, оскільки вимагає великої кількості арифметичних обчислень. Однак він дуже добре пристосований для обчислень на ПК, оскільки складає просту стандартну програму. Цей метод дає повний розв'язок задачі, визначаючи всі частоти і форми одночасно, і хорошу збіжність.

Основною обчислювальною операцією методу є отримання симетричної матриці  $[U]$  через модальну матрицю  $[W]$  і спектральну матрицю  $[\Omega^2]$ :

$$[U] = [W]'[\Omega^2][W], \quad (9)$$

де  $[\Omega^2]$  – діагональна матриця власних значень  $\omega_r^2$ ; стовпці матриці  $[W]$  є власними векторами  $\omega_r$  в завданні власних значень:  $[U][w] = [\Omega^2][w]$  або  $[U][W] = [W][\Omega^2]$ .

Модальна матриця  $[W]$  в рівнянні (9) має додаткові властивості, які полягають в тому, що її стовпці нормалізовані, тобто  $[W_r]'[W_r] = 1$  або  $[W]' = [W^{-1}]$ .

Отримання розв'язку рівняння (10) послідовними обертаннями полягає в застосуванні до матриці  $[U]$  ітераційного процесу, за яким вона поступово перетворюється в діагональну спектральну матрицю  $[\Omega^2]$ . Матриця  $[U] = [U_0]$  помножується справа і зліва на пряму і транспоновану матриці трансформації, які дають поворот осей у двох вимірах

$$[U_1] = [T_1]'[U_0][T_1], [U_2] = [T_2]'[U_1][T_2], \text{ і далі } [U_i] = [T_i]'[U_i][T_i]. \quad (10)$$

Кожна матриця  $[T_i]$  має таку форму:

$$[T_i] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & c & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & s & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & s & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & c & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (11)$$

де  $c = \cos \theta$ ,  $s = \sin \theta$ .

Матриця  $[T_i]$  являє поворот на кут  $\theta$  в площині  $p, q$ ; вона має властивість рівності транспонованій матриці зворотньої матриці.

Для автоматичного обчислення  $c$  і  $s$  в матриці  $[T_i]$  можна скористатися прямими алгебраїчними формулами

$$t^* = \frac{2a_{pq}}{a_{pp} - a_{qq} - \sqrt{(a_{pp} - a_{qq})^2 + 4a_{pq}^2}};$$

$$t = \begin{cases} t^* : a_{pp} \leq a_{qq} \\ -t^* : a_{qq} \leq a_{pp} \end{cases}; \quad (12)$$

$$c = (1 + t^2)^{-0,5};$$

$$s = t(1 + t^2)^{-0,5}.$$

Матриця  $[T_i]$  може бути обрана на кожному кроці так, щоб знищувалася найбільша недіагональна пара, хоча можливий і систематичний розгляд всіх елементів [6].

Отже, кожний недіагональний елемент повинен розглядатися нескінченне число разів, але практично достатньо кількох обходів.

**Висновки. / Conclusions.** Розглянутий метод аналізу і розрахунку динаміки і віброамортизації трактора як складної механічної системи заснований на матричному записі задачі про просторові коливання системи твердих тіл з пружними зв'язками. Матричні рівняння представляються особливо корисними у вивченні складних сильнозв'язаних систем з обов'язковим використанням ПК.

### Література

14. Болтянский В. Г. Математические методы оптимального управления. М. : Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., – 1969. – 408 с.
15. Беляев Л. С. Решение сложных оптимизационных задач в условиях неопределенности. Новосибирск : Наука. Сиб. отделение, – 1978. – 126 с.
16. Кац И. Я. Метод функций Ляпунова в задачах устойчивости и стабилизации систем случайной структуры. Екатеринбург : УрГАПС, – 1998. – 221 с.
17. Хасьминский Р. З. Устойчивость систем дифференциальных уравнений при случайных возмущениях их параметром: научное издание. М. : Наука, – 1969. – 366 с.
18. Ovsyannikov S., Kalinin E., Kolesnik I. Oscillation process of multi-support machines when driving over irregularities. Energy Management of Municipal Transportation Facilities and Transport. 2018. № 45. P. 307-317. doi: 10.1007/978-3-030-19756-8\_28.
19. Leibowitz M. A. Statistical behavior of linear systems with randomly varying parameters. Journal of Mathematical Physics. – 1993. – № 4 (6) P. 128-132.

## СТАТИЧНІ ВИПРОБУВАННЯ ЗАХИСНИХ КОНСТРУКЦІЙ КАБІН ТРАКТОРІВ

Постельга С., - i-mail : korm\_lab.ukr.net.

УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

**Вступ.** В Європейському Союзі стосовно введення в обіг сільськогосподарських та лісогосподарських тракторів, причепів та змінних причіпних машин з 1 січня 2016 року запроваджено новий регламент ЄС – Regulation (EU) № 167/2013 щодо затвердження типу і нагляду за ринком сільськогосподарських та лісогосподарських транспортних засобів (далі – Регламент № 167/2013) [1] і п'ять делегованих регламентів Комісії ЄС, якими замінено Директиву 2003/37/ЄС та окремі Директиви ЄС, які встановлюють вимоги до складових частин, вузлів та характеристик тракторів, причепів, причіпних машин. Стосовно вимог захисних конструкцій кабін, вони встановлені Делегованим регламентом Комісії ЄС № 1322/2014 [2].

Детальні технічні вимоги та процедури випробувань, які стосуються статичних випробувань захисних конструкцій кабін тракторів встановлює ДСТУ ISO 5700:2019 [3]. Перелік і послідовність проведення тестів згідно з [3]:

- а.) Перше поздовжнє навантажування
- б.) Перше випробування стисканням
- в.) Навантажування збоку
- г.) Друге випробування стисканням

**Мета роботи.** Практичне визначення прикладених випробувальних зусиль та переміщення елементів захисної конструкції з застосуванням стандартизованих методів і необхідних для цього технічних засобів.

**Матеріали та методики.** Провівши аналіз методів визначення перерахованих показників, було встановлено, що для їхнього практичного визначення необхідне застосування навантажувального стенда.

Стенд для статичних випробувань захисної конструкції кабіни (ROPS) використовують для створення горизонтальних та вертикальних статичних навантажень на захисну конструкцію кабіни, постійної реєстрації значень зусилля та переміщення під час горизонтально прикладених навантажень та фіксації прикладеного зусилля під час вертикальних навантажень.

Стенд для статичних випробувань захисної конструкції кабіни (ROPS) виготовлено відповідно до вимог розділу 5 ДСТУ ISO 5700 [3].

До складу стенда входять:



- 1) пристрій для горизонтального навантаження захисної конструкції кабіни;
- 2) пристрій для вертикального навантаження захисної конструкції кабіни;
- 3) гідравлічна станція;
- 4) гідравлічні шланги з трійниками для під'єднання датчиків тиску та розділювачем потоку;
- 5) датчики тиску;
- 6) датчик переміщення;
- 7) манометри для контролю тиску в гідравлічних магістралях;
- 8) рама, яку закріплюють жорстко до опорної поверхні з використанням болтових з'єднань і до якої жорстко з використанням заводських болтових з'єднань кріплять раму трактора з захисною конструкцією кабіни;
- 9) цифровий вимірювальний підсилювач Spider 8;
- 10) ноутбук Panasonic CF-19 Touchbook, модель: CF-19KHR88PE.

Пристрій для горизонтального навантаження захисної конструкції кабіни складається з таких частин: силової підлоги; бічних опор з верхньою перемичкою; балки силової; гідроциліндра; кронштейна гідроциліндра; бруса навантажувального; гідростанції; гідравлічних шлангів з запірною арматурою.

Пристрій для вертикального навантаження захисної конструкції кабіни складається з таких частин: силової підлоги; двох гідроциліндрів, балки силової; гідростанції; гідравлічних шлангів з трійниками для під'єднання датчиків тиску та розділювачем потоку [4].

Для вимірювання значень навантаги та деформації використовували датчики тиску типу ИПД-2 та індуктивний датчик переміщення типу ДСД-520. Для безперервної реєстрації значень навантаги та деформації застосовували цифровий підсилювач "Spider-8" 10; ноутбук Panasonic CF-19 Touchbook, модель: CF-19KHR88PE 11 з програмним забезпеченням.

Випробування проводили відповідно до методів наведених в ДСТУ ISO 5700:2019 [3].

### **Результати і обговорення**

На випробування була надана захисна конструкція АИ.209.45.011.00 кабіни тракторів типу С25 «Слобожанець».

Перше поздовжнє навантажування (рис. 1) прикладали спереду праворуч, тому що сидіння водія, а відповідно і зона вільного простору знаходяться праворуч від поздовжньої осі симетрії кабіни на 294 мм, а навантаження на передню вісь становить 64 %.



**Рисунок 1** - Поздовжнє навантаження спереду справа

Навантагу прикладали до верхнього поперечного елемента захисної конструкції.

Точка прикладання навантаги знаходилась на відстані 260 мм від зовнішнього кута краю захисної конструкції.

Довжина навантажувального бруса 572 мм.

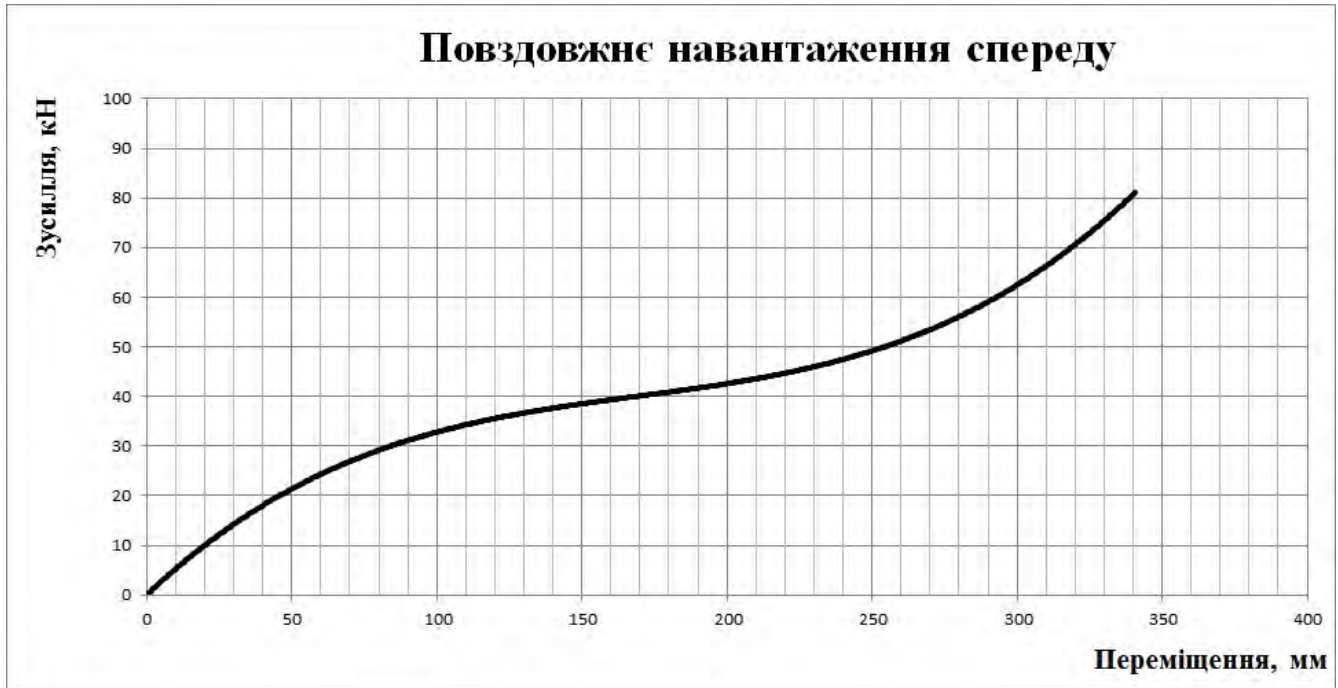
Було забезпечене рівномірне (з означеним кроком 50 мм) розподілення навантаги в напрямку перпендикулярному до напрямку дії і впродовж бруса.

Оскільки форма захисної конструкції у місці навантажування не давала можливості повного прилягання відповідного навантажувального бруса, було виготовлено і використано ущільнювальний елемент для забезпечування рівномірного розподілення навантаги по всій довжині контакту.

Розрахункова поглинена захисною конструкцією енергія, яку потрібно досягти під час тесту:

$$E_{il1} = 1,4 m_t = 1,4 \times 8990 = 12586 \text{ Дж};$$

Криву «зусилля – переміщення» під час першого поздовжнього навантажування наведено на рисунку 2.



**Рисунок 2** – Крива «зусилля-переміщення» під час першого поздовжнього навантаження

Навантагу під час першого випробування стисканням прикладали вздовж переднього верхнього поперечного елемента захисної конструкції (до якого прикладали перше поздовжнє зусилля).

Навантагу прикладали брусом довжиною більшою за довжину елемента захисної конструкції, до якого прикладаємо зусилля.

Розрахункова випробувальна сила:

$$F_r = 20 m_t = 20 \times 8990 = 179800 \text{ Н.}$$

Зусилля визначали з використанням датчика тиску типу ИПД-2, з'єднаного з цифровим підсилювачем "Spider-8" 10; ноутбуком Panasonic CF-19 Touchbook, модель: CF-19KHR88PE 11 з програмним забезпеченням.

Силу прикладали не менше 5 с після припинення деформування захисної конструкції, яку можна помітити оглядово.

Навантагу збоку прикладали горизонтально до верхнього правого поздовжнього елемента захисної конструкції на відстані 85 мм вперед від контрольної точки крісла водія.

Довжина навантажувального бруса 600 мм.

Розрахункова поглинена захисною конструкцією енергія, яку потрібно досягти під час тесту:

$$E_{il1} = 1,75 m_t = 1,75 \times 8990 = 15732,5 \text{ Дж.}$$

Криву «зусилля-переміщення» під час навантаження збоку наведено на рисунку 3.



**Рисунок 3** – Крива «зусилля-переміщення» під час навантажування збоку

Навантагу під час другого випробування стисканням прикладали вздовж верхнього поперечного елемента захисної конструкції, розташованого позаду сидіння водія. Силу прикладали вертикально вниз.

Розрахункова випробувальна сила:

$$F_r = 20 m_t = 20 \times 8990 = 179800 \text{ Н.}$$

Силу прикладали не менше 5 с після припинення деформування захисної конструкції, яку можна помітити оглядово.

Усі випробування проводимо на одній захисній конструкції. Між етапами випробувань ремонтувати чи змінювати будь-який елемент не можна.

Поглинена енергія деформування під час горизонтального навантажування:

- спереду – 13100 Дж (потрібна надана енергія – 12586 Дж);
- збоку – 17000 Дж (потрібна надана енергія – 15735 Дж).
- Стискальна сила:
- спереду – 180 кН (розрахункова випробувальна сила – 180 кН);
- заду – 180 кН (розрахункова випробувальна сила – 180 кН)

### **Висновки.**

1. Застосовані методи і технічні засоби визначили з необхідною точністю і достовірністю поглинену захисною конструкцією кабіни енергію під час прикладення горизонтальних навантажувальних та прикладену силу під час стискань захисної конструкції.

2. Застосування апробованих методів дає змогу в подальшому проводити оцінку відповідності захисної конструкції кабін тракторів для затвердження типу як в Україні так і ЄС.

### Література

1. Regulation (EU) No 167/2013 of the European Parliament and of the Council of 5 February 2013 on the approval and market surveillance of agricultural and forestry vehicles. [Електронний ресурс] : – Режим доступу: <http://eur-lex.europa.eu/> — Назва з екрану.

2. REGULATIONS COMMISSION DELEGATED REGULATION (EU) No 1322/2014 of 19 September 2014 supplementing and amending Regulation (EU) No 167/2013 of the European Parliament and of the Council with regard to vehicle construction and general requirements for the approval of agricultural and forestry vehicles. [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <http://eurlex.europa.eu/> — Назва з екрану.

3. ДСТУ ISO 5700:2019 Сільськогосподарські та лісогосподарські трактори. Убезпечувальні конструкції в разі перекидання. Метод статичного випробування та умови прийняття (ISO 5700:2013, IDT).

4. Провайдинг продукції сільськогосподарського машинобудування, формування імпортозаміщення. – Звіт про НДР. - УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого. – 2019 р. – 162 с.

5. Протокол № 01-16Тр-2021 випробувань захисної конструкції АИ.209.45.011.00 кабіни тракторів типу С25 «Слобожанець» на відповідність вимогам ДСТУ ISO 5700. – Дослідницьке, – 2021. – 11 с.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТРАЄКТОРІЇ ВЗАЄМОДІЇ З ҐРУНТОМ ГОЛЧАСТОЇ РОТАЦІЙНОЇ ЧАСТИНИ ЗНАРЯДДЯ ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ

**Ветохін В.**, д-р техн. наук, доц.,

ел. пошта: [veto.vladim@gmail.com](mailto:veto.vladim@gmail.com),

**Рижкова Т.**, ел. пошта: [tetiana.ryzhkova@pdaa.edu.ua](mailto:tetiana.ryzhkova@pdaa.edu.ua),

**Негребецький І.**, ел. пошта: [igor.negrebetskyi@pdaa.edu.ua](mailto:igor.negrebetskyi@pdaa.edu.ua),

Полтавський державний аграрний університет, Полтава, Україна

**Погорілий В.**, ел. пошта: [ndipvt@ukr.net](mailto:ndipvt@ukr.net),

УкрНДІПВТ ім. Л.Погорілого,

**Голдибан В.**, канд. техн. наук,

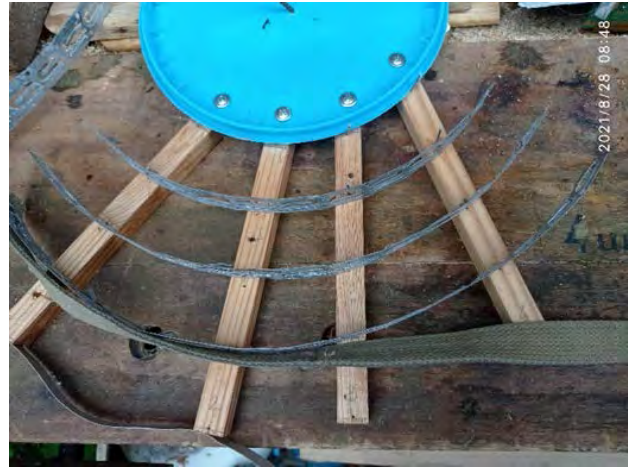
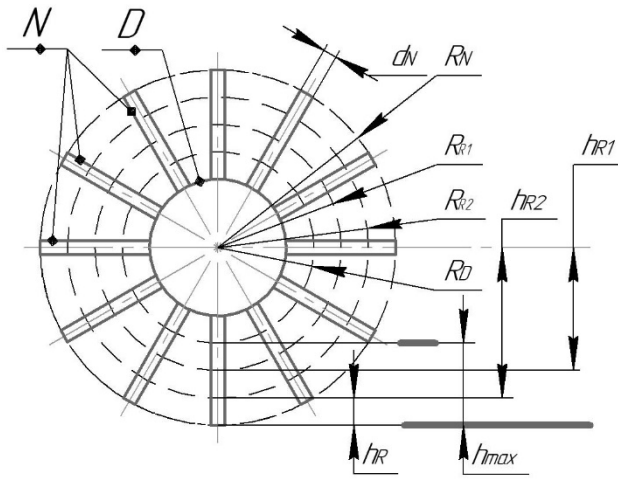
ел. пошта: [labpotato@mail.ru](mailto:labpotato@mail.ru),

РУП «Національний практичний центр Національної академії наук Білорусі з механізації сільського господарства», Мінськ, Республіка Білорусь

**Вступ./Introduction.** Досить поширено застосування голчастих ротаційних знарядь-інжекторів для внесення рідких добрив у шар ґрунту [1, 2] на будь-якій стадії вегетації культури та залежно від насиченості конкретної ділянки ґрунту поживними речовинами. Технічні засади та агрономічна ефективність досить наглядно розглянуті в сучасній літературі [3, 4]. Однак на певній швидкості руху ротаційног ознаряддя проявляються недоліки процесу, тобто утворюється відкрита борозна та спостерігається виніс частини ґрунту та добрив на поверхню поля.

**Метою роботи / Aim** є пошук шляхів підвищення продуктивності робочого процесу, загалом, та знаряддя, особливо, що потребує поглибленого теоретичного вивчення та практичного моделювання.

**Матеріали і методи. / Materials and methods.** Ротаційний інжектор для внесення рідких добрив зазвичай носить назву голчастого інжекційного колеса, та складається з центрального диска  $D$ , по периметру якого закріплені радіально спрямовані голки  $N$  (рис.1а). Центральний диск  $D$  закріплений на стояку через підшипниковий вузол з розподілювачем робочої ріднини (на схемі не показані). Голки  $N$  виконують функцію деформатора ґрунту, та по внутрішньому каналу підводять в шар ґрунту інжектвану робочу ріднину. На рисунку 1а позначено:  $d_N$  – діаметр голки  $N$ ;  $R_N$  – зовнішній радіус голчастого колеса;  $R_{R1}$ ;  $R_{R2}$ ;  $R_D$  – відповідно проміжні радіуси обертання голок та диска  $D$ ;  $h_{R1}$  -  $h_{R2}$  -  $h_R$  -  $h_{max}$  – глибини заглиблення в ґрунт голок  $N$ .



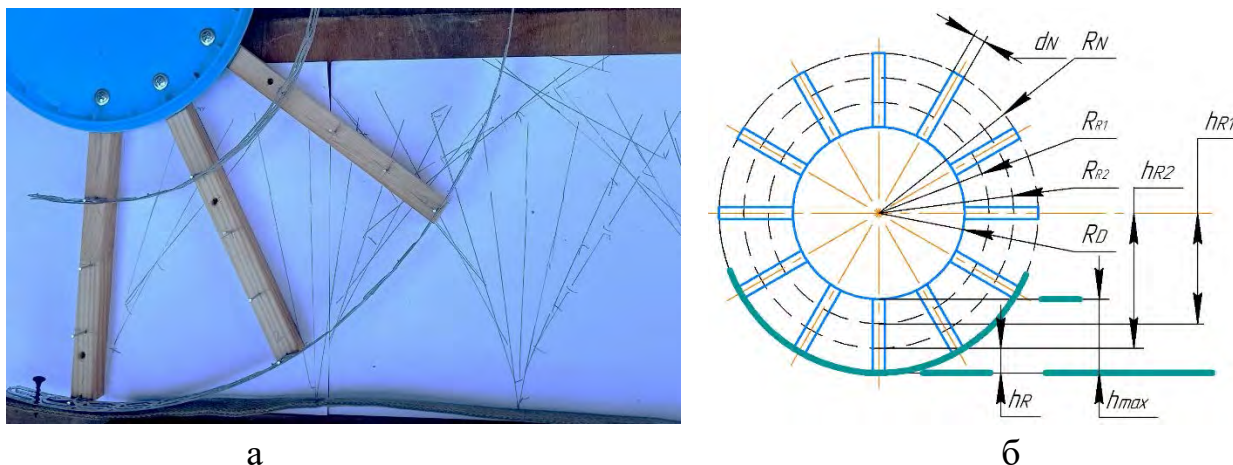
а

б

**Рисунок 1** – Пристрій для кінематичного моделювання взаємодії з шаром ґрунту голчастого ротаційного знаряддя:

а – схема параметрів (розшифровка позначень в тексті); б – вигляд експериментального пристрою голчастої частини ротаційного інжектора

Робочий технологічний процес взаємодії з ґрунтом вивчався кінематичними методами, задля отримання даних стосовно процесу управління станом оброблюваного шару ґрунту з мінімальними витратами ресурсів з урахування системних аспектів [Ветох 3]. Експериментальний пристрій голчастої частини ротаційного інжектора для внесення рідких добрив (показано на рис. 1б) приводився в рух пласким ременем, який утримувався навкруги сектора певного радіуса. Радіуси секторів моделювали:  $R_N$  – зовнішній радіус обертання голок;  $R_{R1}$ ;  $R_{R2}$ ;  $R_D$  – відповідно проміжні радіуси обертання голок  $N$  та диска  $D$ . Завдяки приводу в рух пласким ременем, який утримувався навкруги сектора певного радіуса, забезпечувалася однакова лінійна швидкість обертання сектора. За таких умов кутова швидкість по довжині тієї самої голки була різною. Декілька послідовних положень траєкторії руху поверхні голки окреслювалися на аркушах паперу (рис. 2). Наведений на рисунку 2 приклад відповідає випадку, коли реальний радіус кочення голчастого диска збігається з зовнішнім радіусом голчастого колеса  $R_N$ .



**Рисунок 2** – Приклад кінематичного моделювання взаємодії з шаром ґрунту голчастого ротаційного знаряддя:  
а – кінематичні дані; б – схема параметрів

Модель в ґрунтовому каналі приводилася в рух віссю колеса (рис.3), чим забезпечувалася однакова кутова швидкість точок кожної голки  $N$ .



**Рисунок 3** – Приклад моделювання взаємодії з шаром ґрунту голчастого ротаційного знаряддя у ґрунтовому каналі:  
а – вигляд моделі знаряддя в каналі; б – чисельне визначення деяких параметрів

### **Результати та обговорення. / Results and discussion.**

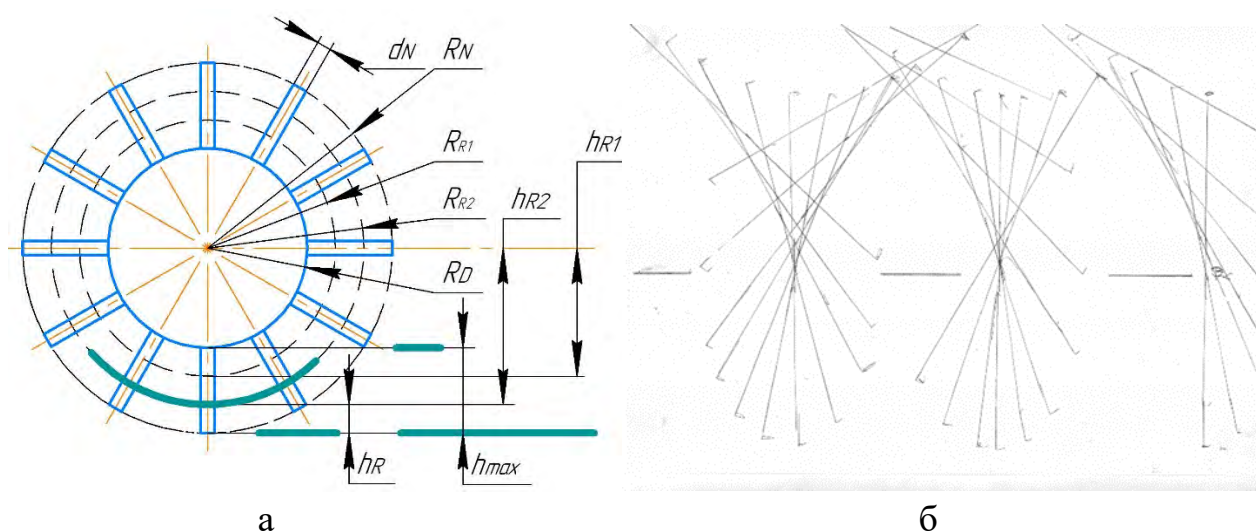
Значна кількість досліджень фізико-механічних аспектів взаємодії з шаром ґрунту відноситься до робочих органів з поступальним рухом відносно поверхні поля. Однак під час робочого процесу відбувається складний рух кожної голки відносно оброблюваного шару ґрунту, а саме, поступальний рух відносно поверхні поля та обертання. Обертальний рух голки також має дві складові: обертання відносно точки, що збігається з віссю центрального диска та обертання/провертання навколо іншої точки, що дещо переміщується вздовж осі голки (провертання в шарі ґрунту) [6]. Положення іншої точки визначається



рівновагою процесів опору ґрунту вище та нижче цієї точки. Чисельні експерименти показали, положення іншої точки майже збігається з реальним радіусом обертання/кочення диска з голками у шарі ґрунту.

Наведені на рисунку 2 та рисунку 3 приклади відповідають випадку, коли реальний радіус кочення голчастого диска збігається з зовнішнім радіусом голчастого колеса  $R_N$ .

Проведені експерименти показали, що можливі випадки коли точка обертання/провертання на осі кожної голки  $N$  займає проміжні положення  $R_{R1}$ ,  $R_{R2}$ , та навіть  $R_D$  – радіус диску  $D$ . Зазначаємо, що саме ці радіуси збігаються з реальними радіусами обертання/кочення диска з голками у шарі ґрунту (рис. 4). Реальний радіус обертання/кочення диска визначає якісний стан картини взаємодії з шаром ґрунту та можливу робочу швидкість знаряддя.



**Рисунок 4** – Приклад кінематичного моделювання взаємодії з шаром ґрунту голчастого ротаційного знаряддя:

а – схема параметрів моделювання для випадку реального радіуса кочення голок, що становить  $R_{R2}$ ; б – графічні дані моделювання

**Висновки. / Conclusions.** Запропонована система параметрів голчастого диска, які визначають кінематику взаємодії, та, відповідно, якісні показники взаємодії з шаром оброблюваного ґрунту.

Виявлені стадії заємодії з шаром ґрунту залежно від реального радіуса обертання/кочення диска з голками в шарі ґрунту. Виявлені розбіжності між усталеним уявленням відносно кінематики взаємодії та реальним процесом.

Наступні пошуки потрібно спрямувати на отримання теоретичної картини процесу, та визначення реального радіуса кочення голчастого диска.

## Література

1. Дослідження ефективності застосування аплікатора DRAGON 6000 для внесення рідких добрив КАС у ресурсощадних технологіях / Шустік Л., Нілова Н., Степченко С., Сидоренко С., Клочай О. // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Зб. наук. пр. УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого. Дослідницьке. Вип. № 27(41). 2020 – С. 268-279. Doi:10.31473/2305-5987-2020-2-27(41)-25.
2. Агрегат інжекторного внесення рідких добрив VULKAN 12 (причіпний): електроний ресурс / Інтернет-сайт ТОВ «ВЕЛЕС-АГРО ЛТД.» // Режим доступу: [https://www.velesagro.com/ua/products/vulkan\\_liquid\\_fertilizer\\_injection\\_unit/271/](https://www.velesagro.com/ua/products/vulkan_liquid_fertilizer_injection_unit/271/).
3. Аналіз технічних засобів механізації процесу внутрішньогрунтового внесення добрив у садівництві / Шевчук В. В, Кутковецька Т. О // Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Серія: технічні науки - Том 30 (69) Ч. 2 – № 5 – 2019, – С. 160-165.
4. Ефективність позакореневого підживлення соняшнику у західному регіоні України / М. Климчук, В. Думич // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Зб. наук. пр. УкрНДПВТ ім. Л.Погорілого, Дослідницьке. Вип. № 28 (42) – 2021, – С. 237-248. [http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2021-1-28\(42\)-20](http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2021-1-28(42)-20).
5. Ветохін В. І. Аналіз властивостей ґрунту стосовно процесу управління його станом з мінімальними витратами ресурсів / В. І. Ветохін, А. Н. Алтибаєв // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: Зб. наук. пр. УкрНДПВТ ім. Л.Погорілого, – Дослідницьке:– 2017, – Вип. 21 (35), – С. 332-338.
6. Фізико-механічні аспекти взаємодії з шаром ґрунту голчастих ротаційних робочих органів / Ветохін В. І., Рижкова Т. Ю., Негребецький І. С. // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Молодь і технічний прогрес в АПВ» Інноваційні розробки в аграрній сфері. – Харків: ХНТУСГ, – Т.2. – 2021. – С. 70-71. <http://dspace.pdaa.edu.ua:8080/handle/123456789/10714>.

## АСИМПТОТИЧНІСТЬ МОЖЛИВОСТІ ПЕРІОДИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

**Роговський І.**, д-р техн. наук, ст. наук. співроб.

ел. пошта: rogovskii@nubip.edu.ua,

Національний університет біоресурсів і природокористування України

**Вступ.** Сільськогосподарські машини містять велику кількість механічних, гідромеханічних, електронних і електромеханічних механізмів, вузлів, пристроїв, агрегатів. Відмова будь-якого з них призводить до відмови або зниження ефективності функціонування всієї сільськогосподарської машини. З цієї причини питанню забезпечення надійності сільськогосподарської машини постійно приділяється велика увага науковою спільнотою.

Для аналізу і прогнозування надійності сільськогосподарської машини широкого поширення набула експоненціальна модель надійності елементів [1]. Характерною рисою цієї моделі є постійна інтенсивність відмов. З одного боку така модель визначає показники надійності сільськогосподарської машини широкого класу складної технічної системи, а з іншого – є достатні підстави вважати, що, принаймні, електронно-механічні компоненти, що працюють в стаціонарних умовах, характеризуються саме таким законом надійності [2]. Разом з тим необхідно відзначити, що експоненціальна модель має ряд дуже істотних обмежень [3]. Перш за все, з цієї моделі випливає, що надійність системи може бути підвищена виключно завдяки резервуванню її конструкційного елемента. Це може бути як структурне (індивідуальне, колективне, функціональне) резервування, так і тимчасове резервування. Але в будь-якому випадку необхідний надлишковий ресурс для забезпечення заданого рівня надійності. Друге обмеження пов'язане з тим, що конструкційні елементи, які входять до складу сільськогосподарської машини, характеризуються змінами в часі інтенсивністю відмов. Позначається вплив зовнішнього середовища, різномірність самих конструкційних елементів, наявність об'ємної програмної складової в складі системи [4]. Отже, надійність конструкційних елементів і сільськогосподарської машини загалом описується функцією розподілу зі змінною інтенсивністю відмов. Така функція надійності описує так звані поступові відмови [2], характерною рисою яких є деградація конструкційних елементів, тобто поступове погіршення; зниження або втрата позитивних якостей елементів. Поступові зміни характерні для механічних, електромеханічних і

програмних підсистем (зокрема, витік пам'яті, перебудова індексів бази даних, накопичення програмних помилок) і для частини електронних конструкційних елементів.

Використання функцій надійності загального вигляду, звичайно, ускладнює аналіз систем з резервуванням. Однак істотною перевагою таких моделей є те, що вони аналізують вплив на надійність елемента профілактичних і регламентних робіт. Профілактичні роботи включають в себе регулювання і за необхідності ремонт. У багатьох випадках завдяки проведенню профілактичних робіт з регулювання параметри системи можуть бути змінені і підсистема перейде у вихідний працездатний стан. Отже, підвищення надійності, поряд з резервуванням, може бути забезпечено завдяки проведенню профілактичних робіт регулювання параметрів технічного стану сільськогосподарських машин.

**Мета роботи.** У доповіді пропонується аналітичний підхід надійності конструктивного елемента сільськогосподарських машин з урахуванням проведення профілактичних робіт регулювання. На підставі поданої моделі вивчається вплив на надійність, характер зміни інтенсивності відмов і періоду проведення профілактичних робіт. Крім того, перевіряється отримання асимптотичної оцінки для надійності конструктивного елемента.

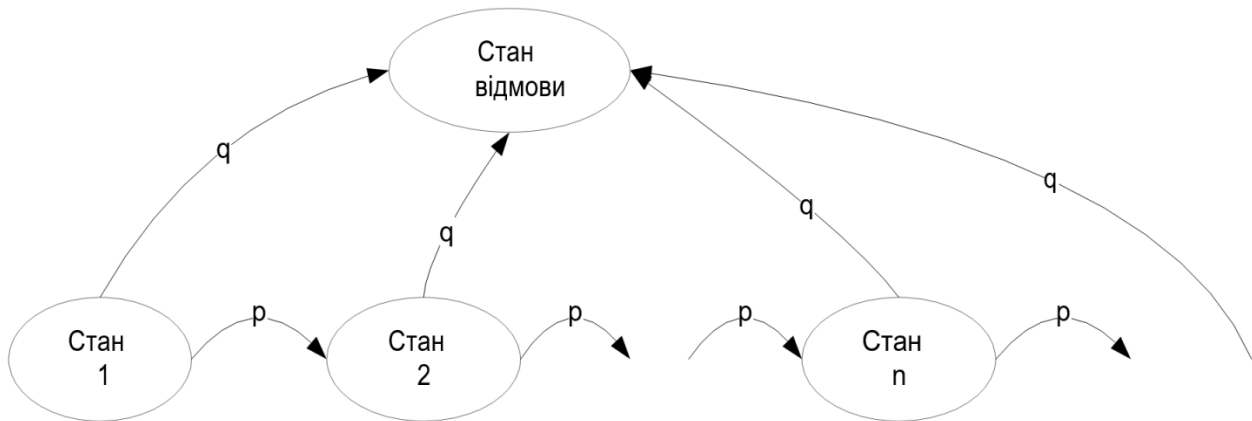
**Матеріали і методи.** Шуканою характеристикою обслуговуваного елемента є функція розподілу часу до відмови. Як окремий показник надійності буде використовуватися середній час до відмови конструкційного елемента. Профілактичні роботи призводять до зміни надійності елемента. Важливим є питання про те, якою є надійність елемента після проведення профілактики.

Ми виходимо з припущення про те, що після проведення профілактики елемент переходить в стан нового елемента і його надійність описується тією ж функцією надійності, що і для нового елемента [4]. Обґрунтуванням такої моделі полягає в такому.

1. Старіння елемента, зміна його інтенсивності відмов з часом викликається визначеними фізичними процесами, які відбуваються в елементі. Профілактичні роботи призводять до того, що відповідні процеси повертаються в початковий стан і починаються як би з нуля.

2. Кожен елемент вже в процесі виробництва не виключає певного числа потенційних відмов, які в процесі експлуатації можуть у випадковий час привести до відмови елемента, а можуть і не привести. Профілактика дає змогу на ранніх стадіях виявити початкові прояви таких відмов і за певний час їх усунути. У цьому випадку модель надійності стає такою ж, як і модель надійності, для якого тестування призводить до зростання середнього часу між відмовами завдяки виправленню відмов, виявлених у ході тесту. Отже, якщо виходити з наведених положень, надійність елемента не зменшується під час проведення

профілактичних робіт. Позначимо через  $F(t)$  – функцію розподілу часу до відмови вихідного (без обслуговування) елемента. Середній час до відмови роботи без обслуговування елемента позначимо через  $T_0$ . Нехай проведення необхідних профілактичних робіт здійснюється через випадковий інтервал часу, який має функцію розподілу  $G(t)$ . Позначимо через  $\tau$  середній час між профілактичними роботами. Тривалість профілактичних робіт мала в порівнянні з інтервалом між профілактичними роботами і в розрахунках не враховується. Поведінка елемента описується випадковим дискретним процесом. Елемент може перебувати в таких станах: «стан 1» – стан працездатності перед проведенням першої профілактики, «стан 2» – стан працездатності перед проведенням другої профілактики, ... і один стан відмови. З кожного стану працездатності елемент може перейти або в стан відмови (якщо відмова відбулася між профілактичними роботами) або в новий стан працездатності за граф переходів між станами (рис.).



**Рисунок** – Граф переходів зміни станів сільськогосподарської машини

**Результати та обговорення.** У кожному стані працездатності елемент буде знайдено випадкову, як час, що дорівнює мінімальному значенню між часом настання профілактичних робіт і часом до відмови елемента. Отже, функція розподілу часу перебування в стані працездатності є:

$$Q(t) = 1 - \left(1 - F(t) \cdot (1 - G(t))\right) = 1 - \bar{F}(t) \cdot \bar{G}(t) \quad (1)$$

де для стислості риса над функцією позначає додаток цієї функції до одиниці, наприклад:  $\bar{F}(t) = 1 - F(t)$ . Середній час перебування в стані працездатності позначимо через  $\theta = \int_0^{\infty} Q(t) dt$ . Імовірність переходу в наступний працездатний стан є  $p = 1 - q$ . Позначимо через  $\tilde{N}(s)$  перетворення Лапласа функції  $Q(t)$ . Тоді перетворення Лапласа  $\tilde{\Phi}(s)$  функції переходу в стан відмови відповідатиме таким рівнянням:

$$\tilde{\Phi}(s) = q \cdot \tilde{N}(s) + q \cdot p \cdot \tilde{N}^2(s) + \dots + q \cdot p \cdot \tilde{N}^n(s) + \dots \quad (2)$$

Оскільки права частина рівняння (2) утворює геометричну прогресію, остаточно можна записати:  $\tilde{\Phi}(s) = q \cdot \tilde{N}(s) \cdot \left(1 - p \cdot \tilde{N}(s)\right)^{-1}$ . Отриманий вираз

визначає перетворення Лапласа функції розподілу часу до відмови елемента. Проведемо аналіз отриманого виразу. Середній час  $T$  до відмови обслуговуваного елемента дорівнює:  $T = \frac{d\tilde{\Phi}(0)}{ds} = -q \cdot (\tilde{Q}'(0) \cdot (1 - p \cdot \tilde{Q}) + p \cdot \tilde{Q}' \cdot \tilde{Q}) \cdot (1 - p)^{-2}$ .

Другий момент, функція  $\Phi$  дорівнює:

$$T^2 + D^2 = \frac{d^2\tilde{\Phi}(0)}{ds^2} = -q \cdot \frac{Q'' \cdot (1-p \cdot \tilde{Q})^2 + 2 \cdot p \cdot \tilde{Q}' \cdot (1-p \cdot \tilde{Q}) \cdot p \cdot \tilde{Q}}{(1-p \cdot \tilde{Q})^4} = \frac{q \cdot \theta^2 \cdot (1 + \gamma_\Phi) + 2 \cdot p \cdot \theta^2}{q^2}, \quad (3)$$

отже, коефіцієнт форми  $\gamma_\Phi$  дорівнює  $\gamma_\Phi = (T^2 + D^2) \cdot T^{-2} - 1 = p + q \cdot \gamma_Q$ , де  $\gamma_Q$  – коефіцієнт форми функції  $Q(t)$ . Аналіз виразу (3) показує, що коефіцієнт форми функції  $\Phi$  може приймати значення як більше одиниці, так і менше одиниці. Однак за малих імовірностей  $q$  коефіцієнт форми функції  $\Phi$  мало залежить від коефіцієнта форми вихідного розподілу часу до відмови і близький до одиниці. Визначимо асимптотичне значення функції  $\Phi(t)$  за  $t \rightarrow \infty$  в припущенні, що ймовірність  $q$  мала. Розкладемо функцію  $Q(s)$  в ряд за степенями  $s$ :

$$\begin{aligned} \tilde{\Phi}(s) &= q \cdot \tilde{N}(s) \cdot (1 - p \cdot \tilde{N}(s))^{-1} \rightarrow q \cdot \tilde{N}(s) \cdot (1 - p \cdot (1 - s \cdot \theta + \dots))^{-1} = \\ &= q \cdot (q - s \cdot \theta)^{-1} \Rightarrow 1 - e^{-t/T} \end{aligned} \quad (4)$$

Отже, асимптотично за малих значень імовірності  $q$  переходу в стан відмови функція розподілу часу до відмови елемента є експоненціальною з параметром  $1/T$ . Отриманий результат побічно пояснює використання експоненційних розподілів на практиці. Оскільки більшість елементів сільськогосподарської машини є в тій чи іншій мірі такими, що підлягають регулюванню, підсумкова функція надійності такого елемента прагне до експоненційної. Як зазначалося, функції надійності  $F(t)$  елементів в загальному випадку не є експоненційними і відносяться до класу старіючих функцій, інтенсивність відмов яких з часом не зменшується. Для цих функцій розподілу характерним є те, що щільність розподілу має один максимум. Отже, зі зменшенням дисперсії періоду між профілактичними роботами, середнє напрацювання на відмову збільшується. Зокрема, максимальна напрацювання буде досягтися за постійного періоду між профілактичними роботами. Отримані вирази визначають ступінь зміни надійності елемента під час проведення профілактичних робіт. Розрахунки за наведеними формулами показують, що вплив профілактичних робіт на збільшення середнього часу до відмови елемента спостерігається за умови  $\tau/T_0 < 0,4$ . За таких умов профілактика збільшує середній час до відмови в п'ять і більше разів. Необхідно відзначити також, що зі зменшенням дисперсії часу до відмови елемента ефективність профілактичних робіт збільшується.

**Висновки.** У доповіді запропоновано аналітичний підхід надійності конструкційного елемента сільськогосподарських машин з урахуванням проведення профілактичних робіт регулювання. Модель являє собою

напівмарковських процес. Отримано перетворення Лапласа функції розподілу часу до відмови елемента. Наведено асимптотичний вираз часу до відмови елемента за оптимального значення періоду профілактичних робіт та визначено малість залежності від параметрів законів надійності елемента.

### Література

1. Hrynkiv A., Rogovskii I., Aulin V., Lysenko S., Titova L., Zagurskiy O., Kolosok I. Development of a system for determining the informativeness of the diagnosing parameters of the cylinder-piston group of the diesel engines in operation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 3(105). P. 19-29.

2. Rogovskii I. L., Martiniuk D. I., Voinash S. A., Sokolova V. A., Ivanov A. M., Churakov A. V. Modeling the throughput capacity of threshing-separating apparatus of grain harvester's combines. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. Vol. 677. P. 042098.

3. Nazarenko I., Dedov O., Bernyk I., Rogovskii I., Bondarenko A., Zapryvoda A., Titova L. Study of stability of modes and parameters of motion of vibrating machines for technological purpose. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 6 (7-108). P. 71-79. doi:10.15587/1729-4061.2020.217747.

4. Rogovskii I. L., Shymko L. S., Voinash S. A., Sokolova V. A., Rzhavtsev A. A., Andronov A. V. Mathematical modeling of grain mixtures in optimization tasks of the dump bunker's kinematic parameters. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020. Vol. 48. P. 062055. doi:10.1088/1755-1315/548/6/062055.

## АНАЛІТИЧНІСТЬ КОЕФІЦІЄНТА ТЕХНІЧНОЇ ГОТОВНОСТІ САМОХІДНИХ ОБПРИСКУВАЧІВ ЗА ЗМІННОГО СЕЗОННОГО НАРОБІТКУ

Любченко І.

ел. пошта: lub4enko.ira@gmail.com,

Роговський І., д-р техн. наук, старш. наук. співроб.

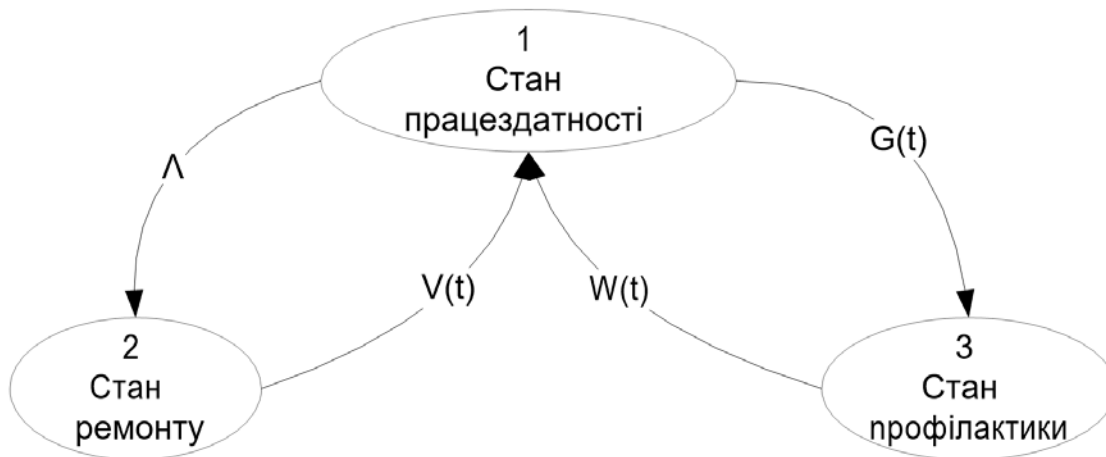
Національний університет біоресурсів і природокористування України

**Вступ. / Introduction.** Вузли, механізми, агрегати і складальні одиниці самохідних обприскувачів відносяться, з точки зору теорії надійності, до відновлюваних складних технічних систем [1]. Відновлення полягає або в заміні непрацездатного елемента конструкції самохідних обприскувачів на працездатний, або в проведенні ремонтних робіт [2]. Як показник надійності використовується коефіцієнт готовності, що визначає частку часу, протягом якого самохідний обприскувач працездатний [3]. Звичайне визначення коефіцієнта готовності враховує тільки факт відновлення працездатності самохідного обприскувача без урахування витрати часу на проведення профілактики. Однак необхідно відзначити, що, в загальному випадку, можливі досить часті виключення з виробничого циклу самохідних обприскувачів саме на проведення профілактичних робіт. Для обліку таких робіт ми введемо як показник надійності самохідних обприскувачів коефіцієнт технічної готовності, який буде враховувати як витрати часу на відновлення, так і витрати часу на профілактику [4]. У граничному випадку, коли витрати часу на профілактику дорівнюють нулю, коефіцієнт технічної готовності збігається в своєму математичному очікуванні з коефіцієнтом готовності самохідного обприскувача.

**Мета роботи. | Aim.** У доповіді пропонується розглянути аналітичність моделі для оцінки коефіцієнта технічної готовності самохідних обприскувачів, які експлуатуються за змінним сезонного наробітку. Модель має враховувати надійність самої сільськогосподарської машини і витрати часу на проведення відновлення і профілактичних робіт. Описати модель для визначення функції розподілу періоду профілактики в умовах випадкового завантаження самохідного обприскувача.

**Матеріали і методи. / Materials and Methods.** Визначимо такі стани (рис. 1): 1 – стан працездатності самохідного обприскувача, 2 – стан ремонту самохідного обприскувача після відмови, 3 – стан проведення профілактичних робіт.





**Рисунок 1** – Граф переходів зміни станів самохідного обприскувача

Перехід зі стану 1 в стан 2 відбувається після відмови системи. Час до відмови має експоненціальне розподіл з інтенсивністю  $\Lambda$ . У стані 2 система знаходиться протягом випадкового часу (час ремонту), має функцію розподілу  $V(t)$ . Перехід зі стану 1 в стан профілактики 3 відбувається через випадковий час  $\chi$ , що має розподіл  $G(t)$ . Профілактика виконується протягом випадкового часу, що має функцію розподілу  $W(t)$ . Нехай середній час ремонту є  $\theta_p$ , середній час профілактики –  $\theta_{\text{п}}$ . Середній час між профілактиками позначимо як через  $\tau$ . Процес переходів між станами є напівмарковським.

Шуканою характеристикою цього процесу є стаціонарна ймовірність знаходження процесу в стані працездатності 1. Ця ймовірність  $i$  є шуканий коефіцієнт технічної готовності  $K_T$ . Позначимо через  $T_n$  середній час перебування в стані  $S_n$ , а через  $Q_{ij}$  перехідні ймовірності цього процесу.

**Результати та обговорення.** З урахуванням введених визначень для середніх значень отримаємо:

$$T_1 = \int_0^{\infty} e^{-\Lambda t} \cdot (1 - G(t)) dt = \frac{1 - G^*(\Lambda)}{\Lambda}, T_2 = \theta_p, T_3 = \theta_{\text{п}}. \quad (1)$$

Ненульові перехідні ймовірності рівні:

$$Q_{12} = 1 - \int_0^{\infty} e^{-\Lambda t} \cdot G(t) dt = G^*(\Lambda), Q_{13} = 1 - Q_{12}, Q_{21} = Q_{31} = 1. \quad (2)$$

Як відомо, стаціонарна ймовірність  $P_i$  знаходження напівмарковських процесів в стані  $S_i$  дорівнює:

$$P_i = Q_i \cdot T_i \cdot (\sum_j Q_j \cdot T_j)^{-1}, \quad (3)$$

де  $Q_i$  – стаціонарні ймовірності знаходження в стані  $S_i$  відповідної вкладеної ланцюга Маркова. Вірогідність  $Q_i$  є рішенням такої системи рівнянь:

$$Q_i = \sum_j Q_j \cdot Q_{ji}, \sum_i Q_i = 1.$$

Після відповідних перетворень, отримаємо вираз для шуканого коефіцієнта технічної готовності:  $K_{\text{ТГ}} = T_1 \cdot (T_1 + Q_{12} \cdot T_2 + Q_{13} \cdot T_3)^{-1}$ . З урахуванням (1) і (2) отримаємо:

$$K_{\text{ТГ}} = \left( 1 + \Lambda \cdot \theta_p + \frac{\Lambda \cdot \theta_n \cdot G^*(\Lambda)}{1 - G^*(\Lambda)} \right)^{-1} \quad (4)$$

Розкладаючи функцію  $G^*(\Lambda)$  в ряд за ступенями  $\Lambda$ , і враховуючи, що  $\Lambda\tau \ll 1$  отримаємо:

$$K_{\text{ТГ}} = \left( 1 + \Lambda \cdot \theta_p + \frac{\theta_n}{\tau} \right)^{-1} \quad (5)$$

Відзначимо, що із (4) випливає також, що зі зменшенням дисперсії інтервалу між профілактиками, коефіцієнт готовності збільшується. Цей результат вказує на те, що регулярні інтервали профілактики ефективніші випадкових. Отриманий вираз (4) для коефіцієнта технічної готовності залежить від періоду проведення профілактичних робіт і співвідношення між середнім часом ремонту і профілактики. Ясно, що зі зменшенням періоду профілактичних робіт зростає середній час до відмови  $1/\Lambda$ , але з іншого боку збільшуються втрати часу, пов'язані з проведенням самої профілактики.

Період профілактики може встановлюватися з урахуванням різних обставин. Як було показано вище, надійність елемента конструкції самохідного обприскувача приймає максимальне значення за умови, що профілактика проводиться регулярно через фіксовані інтервали часу. Однак в цьому випадку велика ймовірність того, що проведення профілактики збігатиметься з повною зайнятістю самохідного обприскувача виконанням виробничого завдання. Як наслідок, коефіцієнт готовності самохідного обприскувача загалом знизиться. Інший сценарій планування профілактики заснований на обліку зміни завантаження самохідного обприскувача рішенням цільових завдань. Як наслідок, якщо профілактику проводити в ті інтервали часу, в які самохідний обприскувач незавантажений, то готовність не постраждає і загалом надійність підвищиться.

Нижче визначається розподіл періоду профілактики самохідного обприскувача за умови, що її завантаження змінюється в часі. Модель функціонування системи полягає в такому. На вхід системи надходить потік завдань, рішення кожного завдання вимагає певного часу. У процесі виконання завдання на вхід системи може надійти нова задача, рішення якої відкладається до моменту вирішення попередньої. Якщо надійшло завдання має високий пріоритет, то попередня задача може бути відкладена до моменту вирішення нового пріоритетного завдання, а потім продовжено. У будь-якому випадку, для вирішення кожного завдання виділяється певний ресурс, величина якого залежить від багатьох факторів. Для нас важливо, що обсяг виділеного ресурсу змінюється в часі. Отже, в процесі функціонування самохідного обприскувача виникають інтервали часу, протягом яких завантаження самохідного обприскувача не перевищує деякий граничний рівень і на цьому інтервалі часу можливе проведення профілактики.

Для подальшого введемо такі визначення. Період часу, на якому завантаження самохідного обприскувача менше граничного рівня, будемо називати періодом простою системи. Період часу, на якому завантаження самохідного обприскувача вище граничного рівня, будемо називати періодом зайнятості. Позначимо через  $A(t)$  – функцію періоду простою самохідного обприскувача, і нехай  $M_a$  – середній час простою. Будемо вважати, що самохідний обприскувач має завантажений випадковий час з функцією розподілу  $V(t)$  і середнім значенням  $M_v$ . Далі позначимо через  $W(t)$  функцію розподілу часу профілактики. Нехай  $\xi = \max(0, \zeta - \eta)$  – випадкова величина, що дорівнює різниці між часом проведенням профілактики і періодом простою. Розподіл  $U(t)$  випадкової величини  $\xi$  рівне:

$$U(t) = 1 - \int_0^{\infty} A \cdot (t + x) dW(x) = 1 - \int_0^{\infty} (1 - e^{-v \cdot (t+x)}) dW(x) \\ = e^{-v \cdot t} W^*(v)$$

Імовірність  $q$  того, що профілактика закінчиться раніше, ніж закінчиться період простою системи, дорівнює:

$$q = U(0) = W^*(v) \quad (6)$$

де, як і зазвичай,  $W^*(v)$  – перетворення Лапласа функції  $W(t)$ .

Отже, з імовірністю  $q$  на періоді простою профілактика буде проведена без зниження якості рішення цільової завдання. Зокрема, якщо тривалість профілактики постійна і дорівнює  $\theta_p$ , то ймовірність  $q = \exp(-v \theta_p)$ .

Однак з імовірністю  $1-q$  профілактика на час простою не буде проведена. У цьому випадку необхідно дочекатися наступного періоду простою і провести профілактику на новому періоді. Отже, число циклів зайнятості, через яке буде проведена профілактика, також є випадковою величиною. Позначимо через  $P_n$  – ймовірність того, що профілактика буде проведена через  $n$  циклів. Тоді, оскільки цикли незалежні, маємо:

$$P_n = q \cdot (1 - q)^{n-1} \quad (7)$$

Отже, розподіл числа циклів має геометричний розподіл. Можна показати, що за умови  $q \ll 1$ , розподіл періоду профілактики  $\chi_1$  прагне до експоненціального:

$$G_1(t) = 1 - \exp\left(-t \cdot \frac{q}{M}\right), \quad (8)$$

де  $M = M_v + M_a$ .

Ясно, що профілактика в загальному випадку може проводитися через періоди часу, кратні періоду  $\chi_1$ . Отже, остаточно, розподіл періоду профілактики є  $n$ -кратна згортка розподілу (8), тобто функція Ерланга порядку  $n$ :

$$G(t) = 1 - \exp\left(-t \cdot \frac{q}{M}\right) \cdot \sum_{k=0}^{n-1} \frac{\left(t \cdot \frac{q}{M}\right)^k}{k!}$$

Отже, для пристроїв, завантаження яких змінюється з часом, період профілактики описується законом Ерланга.

**Висновки. / Conclusions.** У доповіді запропоновано аналітичний підхід упровадження коефіцієнта технічної готовності, який в загальному випадку враховує такі складові: час до відмови і час на відновлення пристрою, а також період і тривалість профілактики. Вплив тривалості профілактики на коефіцієнт технічної готовності може бути знижено, якщо самохідний обприскувач працює в умовах змінного сезонного наробітку. За таких умов можуть існувати інтервали простою, в які можуть бути проведені необхідні регламентні і профілактичні роботи. У тезисах показано, що для досить широкого класу самохідного обприскувача, період профілактики описується законом Ерланга.

### Література

1. Nazarenko I., Dedov O., Bernyk I., Rogovskii I., Bondarenko A., Zapryvoda A., Titova L. Study of stability of modes and parameters of motion of vibrating machines for technological purpose. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 6 (7-108). P. 71-79. doi:10.15587/1729-4061.2020.217747.

2. Hrynkiv A., Rogovskii I., Aulin V., Lysenko S., Titova L., Zagurskiy O., Kolosok I. Development of a system for determining the informativeness of the diagnosing parameters of the cylinder-piston group of the diesel engines in operation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 3(105). P. 19-29.

3. Rogovskii I. L., Martiniuk D. I., Voinash S. A., Sokolova V. A., Ivanov A. M., Churakov A. V. Modeling the throughput capacity of threshing-separating apparatus of grain harvester's combines. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. Vol. 677. P. 042098.

4. Rogovskii I. L., Shymko L. S., Voinash S. A., Sokolova V. A., Rzhavtsev A. A., Andronov A. V. Mathematical modeling of grain mixtures in optimization tasks of the dump bunker's kinematic parameters. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020. Vol. 548. P. 062055. doi:10.1088/1755-1315/548/6/062055.

## АЛЬТЕРНАТИВНІ ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ДЛЯ ВНЕСЕННЯ РІДКИХ ДОБРИВ В ШАР ҐРУНТУ

Климчук М, канд. мед. наук,

Сало Я.,

Думич В.,

ел. пошта: [lfilia@ukr.net](mailto:lfilia@ukr.net),

Львівська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого,

Ветохін В., д-р техн. наук, доц., проф.,

ел. пошта: [veto.vladim@gmail.com](mailto:veto.vladim@gmail.com),

Полтавський державний аграрний університет

**Вступ. / Introduction.** Внесення певної дози добрив відповідно до стадії вегетації культури та насиченості конкретної ділянки ґрунту – ефективний засіб підвищення продуктивності полів [1, 2]. Наприклад, поширені технології для внесення мінодобрив на сівалці, дають змогу вносити стартове добриво в борозну, здійснювати внесення двома смугами з кожної сторони від насіння у борозні [3]. Для використання у сільському господарстві США виробляються засоби для внесення в шар ґрунту рідких добрив [4].

**Мета роботи. / Aim:** Пошук альтернативних сучасних технічних засобів для позакореневого підживлення сільськогосподарських рослин під час вегетації.

**Матеріали і методи. / Materials and methods.** Огляд технічних засобів здійснювався з аналізом їхнього функціонального призначення та порівняння.

**Результати та обговорення. / Results and discussion.** Під час позакореневого підживлення сільськогосподарських рослин одночасно з внесенням добрив здійснюється обробіток ґрунту, а також внесення поживних речовин у твердому або рідкому вигляді. Утворюється борозна – суцільна або переривчаста. Слід враховувати, що обробіток ґрунту відбувається з активацією стану родючості ґрунту [5, 6]. Наявні у ґрунті речовини переводяться у поживний стан – аналог внесення поживних речовин.

З розвитком точності позиціювання та елементної бази, достатньо широко застосовуються знаряддя для внесення гранульованих добрив одночасно з операцією посіва [3]. Перевагу становить заводське стаціонарне змішування компонентів та відсутність необхідності застосування ріддини, у тому числі всепогодність. Змішування - процес отримання однорідних композицій (гранул, суспензій, емульсій та розчинів). Комозиція має достатній час забезпечення стабільності сумішей для терміну зберігання/транспортування, внесення.

Визначаючи агрономічну ефективність, засоби слід порівнювати з варіантом, де аналогічне знаряддя працює без внесення речовини.

Зараз поширені засоби ін'єкційного внесення рідких добрив, виконані, наприклад, у вигляді колеса з голками – інжекторами [2, 7, 8]. Одночасно з внесенням добрив здійснюється обробіток ґрунту з утворенням переривчатої борозни (рис. 1). Приготування/(змішування компонентів) рідких комплексних добрив відбувається безпосередньо перед внесенням в ґрунт або заделегідь в стаціонарних умовах.



а

б

**Рисунок 1** – Знаряддя «Dragon» для внесення рідини в шар ґрунту [8]:  
а – вигляд в процесі внесення; б – вигляд робочого органу

Ін'єкційний метод внесення добрив у ґрунт здійснюється, наприклад, робочими органами машин Dragon Spike, або VULKAN «Велес-Агро ЛТД» [7, 8]. Робочий орган складається з 12 голки, що встановлені по периметру суцільного диска. На кінці кожної голки сформовано форсунку. Автоматичне живлення форсунки спрацьовує коли голка заглиблена в шар ґрунту, впорскуючи порцію добрив на глибину 4-6 см. Цикл відбувається кожні 14-16 см по довжині поля.

Достатньо розвинуті технічні системи рядкового підживлення, базовані на ротаційних ін'єкційних знаряддях з суцільним диском для утворення первинної суцільної борозни (рис. 2) [4].

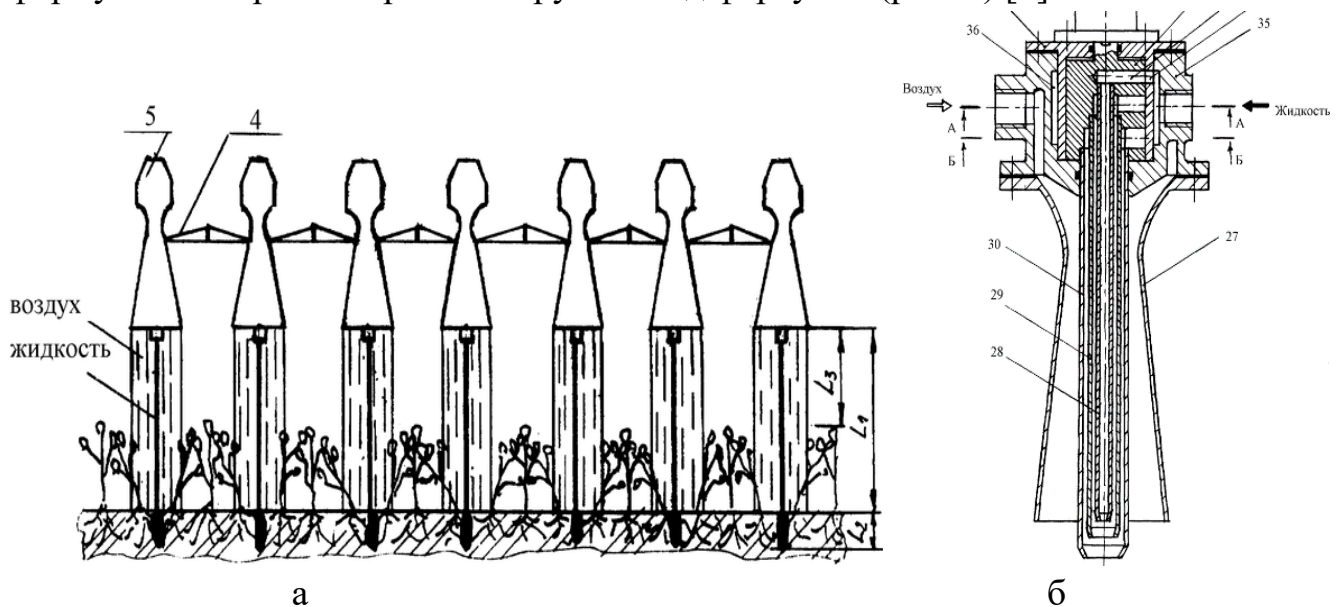


а

б

**Рисунок 2** – Знаряддя Fast 8000N Series для внесення ріднини в шар ґрунту [4]:  
а – вигляд рядкового внесення; б – вигляд робочого органа

Існують засоби для безконтактного з ґрунтом імпульсного внесення композиції в середину шару ґрунту. Суцільна борозна в шарі ґрунту не утворюється, оскільки речовина вноситься періодично, обробіток ґрунту, при цьому, аналогічний лункуванню. Безконтактне внесення має ряд переваг, не потребує формування борозни в ґрунті. Наявні складнощі вирішено, наприклад, формуванням трьох-шарового струменя від форсунки (рис. 3) [9].



а

б

а – схема рядкового безконтактного внесення; б – схема пристрою для змішування компонентів та утворення тришарового потоку з повітрям

**Рисунок 3** – Приклад технічного рішення для безконтактного внесення ріднини в шар ґрунту [9].

При цьому тришаровий потік з супутнім зовнішнім шаром повітря, потік якого формується форсункою, забезпечує захист від втрат корисних компонентів на шляху внесення.

**Висновки. / Conclusions.** Розвиток галузі технічних засобів для внесення рідких добрив в шар ґрунту накопичив достатню кількість якісних технічних та технологічних рішень. Застосування наявних рішень стримувалося недостатнім розвитком елементної бази та систем позиціонування на полі.

Основною сучасною тенденцією слід визнати застосування як рідких, так і гранульованих добрив, диференційовано залежно від культури та стану ділянки поля.

Слід враховувати, що одночасно з внесенням підживлювальних речовин відбувається обробіток ґрунту, чим актується його властивість родючості. Тому, визначаючи агрономічну ефективність, засоби необхідно порівнювати з варіантом, де аналогічне знаряддя працює без внесення речовини.

### Література

1. Ефективність позакореневого підживлення соняшнику у західному регіоні України / М. Климчук, В. Думич // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України – № 28(42) – 2021, – С. 237-248.: Режим доступу: <http://tta.org.ua/article/view/236642>
2. Аплікатор DRAGON 6000 для внесення рідких добрив від «РОПА-УКРАЇНА» в технології довготривалого контрольованого споживання азоту / Шустік Л., Нілова Н., Степченко С., Сидоренко С., Ключай О. // Техніка і технологія АПК – № 4 (117), – 2020, – С. 8-11. [http://www.ndipvt.com.ua/TiTAPK/2020/TTAPK20\\_04\\_tapk\\_2020\\_04.pdf](http://www.ndipvt.com.ua/TiTAPK/2020/TTAPK20_04_tapk_2020_04.pdf)
3. Fast Ag Solutions – Машини для внесення добрив та сільськогосподарські обприскувачі: електронний ресурс / Режим доступу: <https://agro-temp.com.ua/novosti/item/fast-ag-solutions-mashyny-dlya-vnesennya-ridkyh-dobryv-ta-silskogospodarski-obpryskuvachi/>
4. Liquid Fertilizer Applicators, Fast Ag. Solutions, Windom, MN: електронний ресурс / Режим доступу: <https://fastagsolutions.com/products/liquid-fertilizer-applicators/>
5. Ветохін В. І. Аналіз властивостей ґрунту стосовно процесу управління його станом з мінімальними витратами ресурсів / В. І. Ветохін, А. Н. Алтибаєв // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: Зб. наук. пр. УкрНДІПВТ ім. Л.Погорілого, – Дослідницьке. – 2017, – Вип. 21(35), – С. 332-338.
6. Фізико-механічні аспекти взаємодії з шаром ґрунту голчастих ротаційних робочих органів / Ветохін В.І., Рижкова Т.Ю., Негребецький І.С. //



Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Молодь і технічний прогрес в АПВ» Інноваційні розробки в аграрній сфері. – Харків: ХНТУСГ, – Т.2. 2021. – С.70-71. <http://dspace.pdaa.edu.ua:8080/handle/123456789/10714>.

7. Агрегат інжекторного внесення рідких добрив VULKAN 12 (причіпний): електроний ресурс / Інтернет-сайт ТОВ «ВЕЛЕС-АГРО ЛТД.» // Режим доступу: [https://www.velesagro.com/ua/products/vulkan\\_liquid\\_fertilizer\\_injection\\_unit/271/](https://www.velesagro.com/ua/products/vulkan_liquid_fertilizer_injection_unit/271/)

8. Dragon — рішення для раціонального внесення добрив: електроний ресурс / Д. Радіонов // Агробізнес Сьогодні. – Режим доступу: <http://agro-business.com.ua/2017-09-29-05-56-43/item/19148-dragon-rishennia-dlia-ratsionalnoho-vnesennia-dobryv.html>

9. Машина для внутріпochвенного дифференцированного внесення жидких минеральных удобрений, RU 2184438, МПК А01С23/02 / Марченко Л. А., Кормановский Л. П., Мищенко В. Н., Романов Г. В., Степанов Б. Е., Колесникова В. А., Жучков Б. А., Мочкова Т. В. – Заявл. 11.09.2000, – №2000123208/13; – Опубл. 10.07.2002. Бюл. – №19. – Режим доступу: [https://new.fips.ru/registers-doc-view/fips\\_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2184438&TypeFile=html](https://new.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2184438&TypeFile=html) .

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ ЗРОШЕННЯ І РОЗРОБКА ВИХІДНИХ ВИМОГ ДО ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ЇХНЬОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ

**Малярчук В.**, ел. пошта [zemlerob\\_mvm@ukr.net](mailto:zemlerob_mvm@ukr.net)

**Мігальов А.**, ел. пошта: [aamigalev@gmail.com](mailto:aamigalev@gmail.com)

**Сидоренко В.**, ел. пошта: [s\\_id\\_vladimir@ukr.net](mailto:s_id_vladimir@ukr.net)

Південно-Українська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

**Вступ. / Introduction.** Зрошення є одним з визначальних факторів інтенсифікації землеробства в районах з недостатнім та нестійким природним зволоженням. У теперішній час у світі зрошується понад 270 млн. га, з них поливні землі забезпечують 40 % світового виробництва продовольства, займаючи лише 18 % площі сільгоспугідь [1].

На сьогодні площа зрошуваних земель в Україні складає 2,2 млн. гектарів, або 6,6 % усіх сільськогосподарських угідь. Ці землі є національним багатством держави, його гарантованим страховим фондом на випадок несприятливих погодних умов.

На цей час більшість загальнодержавних меліоративних фондів (магістральні та міжгосподарські канали, трубопроводи, насосні станції, гідротехнічні споруди тощо), знаходяться у справному стані і можуть забезпечити подачу води на площу понад 2 млн. гектарів. Проте технічні можливості внутрішньогосподарських мереж, дають змогу прийняти воду та забезпечити зрошення 943 тис. гектарів зрошуваних земель (43 % від наявних). Фактично ж поливається в останні роки у середньому близько 500 тис. гектарів. Однією з головних причин цього є відсутність необхідної кількості технічних засобів для зрошення у сільгоспвиробників, які використовують зрошувані землі.

Для технічного забезпечення зрошення на площі обслуговування зрошувальних систем необхідно біля 30 тис. дощувальних машин, в наявності є близько 7 тис.

Більшість зрошувальних мереж в Україні були побудовані зрошувальні мережі для дощувальних машин «Фрегат», «Дніпро», «Кубань», ДДА-100МА.

Сьогодні парк дощувальної техніки в основному складається з дощувальних машин «Фрегат», та ДДА-100МА, які залишилися, сучасних дощувальних машин виробництва ПАТ «Завод «Фрегат», м Первомайськ та ТОВ «Варіант Агро Буд», м. Харків (приблизно 450 машин) та машин закордонного виробництва (близько 1900 машин).

**Мета роботи / Aim.** Аналіз практики застосування багатоопорних дощувальних машин, які використовуються в технологіях зрошувального землеробства, визначити якісні показники виконання технологічного процесу і конструкційні особливості для формування вимог на техніко-технологічні операції зрошення.

**Матеріали та методи досліджень / Materials and methods.** Емпіричний: спостереження (визначення мети та задач дослідження, вибір об'єктів дослідження, способів спостереження, реєстрації і обробки отриманої інформації); вимірювання (проведення практичних досліджень та випробувань для визначення основних якісних та техніко-технологічних показників, які характеризують об'єкти дослідження). Теоретичний: аналіз наукових праць та видань наукових установ з питань сучасних проблем застосування багатоопорних дощувальних машин та технологічних схем їхньої роботи, впливу штучного дощу на ґрунт, аналіз результатів власних досліджень під час випробувань; аналіз наявної нормативної бази; визначення основних факторів, які характеризують технологічні операції зрошення та вихідних вимог, які випливають з цих факторів стосовно дощувальної техніки, яка застосовується у технологіях сучасного зрошувального землеробства.

Загальні вихідні вимоги на техніко-технологічні операції зрошення відсутні, і, зокрема, це стосується регламентації агротехнічних показників дощувальних машин (якості виконання технологічного процесу, техніко-експлуатаційні вимоги, енергетичні вимоги, вимоги до надійності та ін.).

З показників якості дощу та виконання технологічного процесу зрошення за ДСТУ EN 12325-2:2006, який відповідає міжнародному стандарту EN 12325-2:1999 регламентується тільки мінімальний коефіцієнт рівномірності зрошення.

Зараз, в агрокліматичних умовах півдня України найбільшого поширення одержало два способи – дощування (зрошується до 80% наявних площ) та краплинне зрошення (10 % площі зрошуваних земель). Ці способи дають можливість повністю автоматизувати всі процеси поливу [2].

Меліоративні вимоги, які висуваються до якості штучного дощу, повинні забезпечити високі товарні показники с.-г культур, які виробляються у зрошуваному землеробстві. І однією з головних вимог є необхідність створення дощу з інтенсивністю, яка не перевищує швидкість всмоктування води ґрунтом у певних умовах [3].

За даними багаторічних досліджень вчених, зокрема засновника вітчизняної меліоративної науки Костякова [4] встановлено, що структура ґрунту, виходячи з його механічного складу, зберігається під час інтенсивності дощу: для важких ґрунтів (0,1-0,2) мм/хв.; середніх (0,2-0,3) мм/хв.; легких (0,3-0,8) мм/хв. [5]. Ще одним головним фактором, який характеризує якість штучного дощу, є

рівномірність зрошення по ширині машини. Вона характеризується коефіцієнтом ефективного поливу Кеф (цей показник, який оцінює рівномірність зрошення, прийнятий в Україні) та рівномірності шару дощу по ефективній ширині машини (цей показник використовується як в Україні, так і в країнах з розвинутим зрошувальним землеробством).

Коефіцієнт ефективного поливу представляє собою відношення площі, ефективно политої, до всієї площі. Ефективною вважається площа, яка полита з інтенсивністю  $r_{сер.еф} \pm 0,25 r_{сер.еф}$ .

Коефіцієнт рівномірності зрошення  $C_{uC}$ . у математичному вигляді для фронтальних машин визначається за формулою Крістіансена – відношення суми абсолютних величин відхилення шару опадів у кожній визначеній точці по ширині захвату машини від середнього до суми шару опадів у цих точках [3].

$$C_{uC} = 100 \left( 1 - \frac{\sum |d|}{\sum |h_i|} \right) \quad (1)$$

Для кругових машин коефіцієнт рівномірності зрошення визначається за модифікованою формулою Хеєрмана.

$$C_{uH} = 100 \left( 1 - \frac{\sum |V_i - \bar{V}_w / S_i|}{\sum |V_i S_i|} \right) \quad (2)$$

де  $V_i$  – об'єм води у визначеній точці ( $i$  – тому дощомірі);

$S_i$  – відстань від центральної опори до  $i$ - того дощоміра;

– середньозважений об'єм води, зібраний у визначених точках (дощомірах):

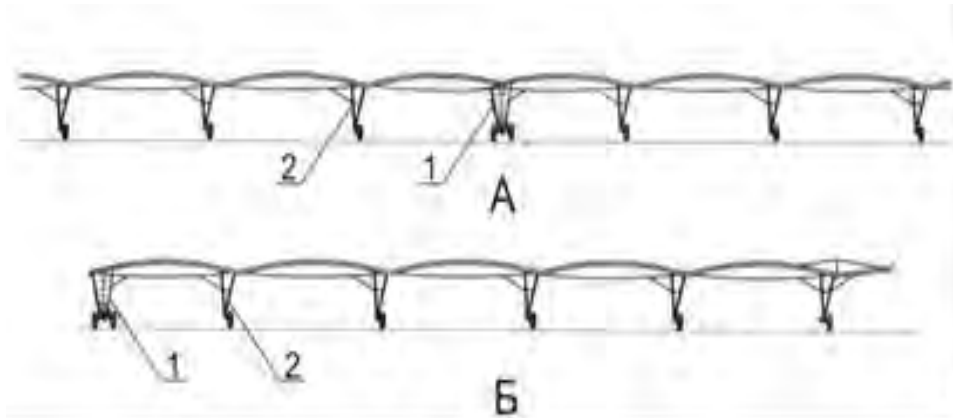
$$\bar{V} = \frac{\sum V_i S_i}{\sum S_i} \quad (3)$$

У конструкції сучасних дощувальних машин широко застосовується комбінована схема поливу – лінійний та круговий режими переміщення. Це дає змогу зрошувати поля з овальною конфігурацією, по колу або по сектору (іподромні дощувальні системи). У круговому режимі машина здійснює полив під час руху опорних візків навколо силового візка. Для можливості кругового поливу на стояку центрального візка розташована шарнірна муфта, якою машина рухається навколо стояка та колекторного кільця.

Фронтальні дощувальні машини з шириною захвату 600-800 м мають центральносиметричну конфігурацію і складаються з двох крил по обидва боки центрального візка кожне (рис. 1, схема А). Машини з шириною захвату до 500 м мають одне крило, яке розташовується збоку центрального візка (рис. 1 схема Б).

Центральносиметричні машини здійснюють полив однієї площі, яка за нею закріплена, без переїздів на інші позиції.

Машини з одним крилом можуть здійснювати полив з двох і більше позицій.



- 1 – центральний (силовий) візок; 2 – опорний візок  
А – центральносиметрична конструкція дощувальної машини  
Б – конструкція дощувальної машини з одним крилом

**Рисунок 1** – Конструкційні схеми дощувальних машин

Основним робочим органом, який перетворює водяний потік в дощові краплі, є різного типу дощувальні насадки та апарати.

Залежно від ширини захвату (радіусу розбризкування), насадки та дощувальні апарати, які використовуються на широкозахватних дощувальних машинах класифікуються як короткоструменеві  $R = 10$  м – насадки та середньо струменеві  $R = 10-20$  м – апарати.

На дощувальних машинах закордонного виробництва, які використовуються у зрошуваному землеробстві України використовуються дощувальні насадки провідних світових виробників – «Senninger», «Neson», «Comet».

**Результати і обговорення. / Results and discussion.** Переваги зрошуваного землеробства в умовах дефіциту природного зволоження не викликає сумніву. Зрошення дає можливість істотно підвищити продуктивність с.-г. виробництва і зменшити залежність від несприятливих погодних умов. На необхідність зрошення та його подальшого розвитку вказують матеріали багаторічних наукових досліджень [6].

Одним із способів розвитку і відновлення зрошувального землеробства, є пристосування наявних внутрішньогосподарських зрошувальних мереж під сучасні широкозахватні дощувальні машини. Серед кількості типів зрошувальних мереж та дощувальної техніки в минулі часи найбільшого поширення набули внутрішньогосподарські мережі з агрегатами ДДА-100М. До їхніх недоліків слід віднести великі питомі витрати палива, неефективне використання води, ерозійна небезпека територій зрошення. Тому на цих мережах здійснюється перехід з

відкритих зрошувальних мереж до використання сучасних багатоопорних машин, які експлуатуються на закритих зрошувальних мережах.

Окрім загальних питань експлуатації сучасних широкозахватних дощувальних машин, енергоефективності їхнього використання, велика увага приділялася екологічній безпеці під час використання цих машин, оптимізації енергетичних параметрів штучного дощу, з точки зору його дії на структуру ґрунту.

В процесі роботи проводилася співпраця з конструкторами і провідними спеціалістами заводів з виробництва машин для зрошування - ПАТ «Завод «Фрегат», м. Первомайськ та ТОВ НВП «Херсонський машинобудівний завод».

Результати роботи з розробки вихідних вимог [7] були використані виробниками дощувальної техніки під час розробки технічних умов ТУ У 29.3-14 312 387-032:2012 та конструкторської і технічної документації на розробку широкозахватних електрифікованих дощувальних машин марки «Фрегат» ДМФ (ПАТ «Завод «Фрегат»), технічного завдання та іншої конструкторської документації на дощувальну машину з забором води з тимчасових зрошувачів МДФП-70/130 (ТОВ НВП «Херсонський машинобудівний завод»).

**Висновки. / Conclusions.** У процесі досліджень машинних технологічних операцій зрошення з використанням сучасних багатоопорних широкозахватних були досліджені особливості зрошуваного землеробства, досліджені та проаналізовані основні показники якості штучного дощу, створюваного дощувальними машинами та його вплив на ґрунт і рослини.

Наведена класифікація та конструкційні ознаки дощувальних машин, основні схеми зрошення, подано огляд конструкцій дощувальних машин та технологічні особливості їхнього застосування.

Проаналізовано діючу в Україні нормативну базу стосовно вимог до широкозахватних дощувальних машин під час їхнього застосування у техніко-технологічних операціях зрошення.

На основі проведених досліджень та випробувань, були отримані експериментальні та інформаційні дані, які були взяті як базові, визначені та обґрунтовані вихідні вимоги на техніко-технологічні операції зрошення під час використання широкозахватних багатоопорних дощувальних машин. Розроблені вихідні вимоги на машинні технологічні операції зрошення будуть слугувати основою для створення сучасних широкозахватних дощувальних машин вітчизняного виробництва.

## Література

1. Вожегова Р. А. (2017). Наукові основи формування систем землеробства на зрошуваних землях з врахуванням локальних та регіональних умов Південного Степу України. Зрошуване землеробство. – Вип. 67. – С. 5-10.
2. Балюк С. А., Ромащенко М. І., Сташук В. А. (2009). Наукові основи охорони та раціонального використання зрошуваних земель. К.; Аграрна наука. – 624 с.
3. Джонсон Г. Аналіз систем кругового зрошення, які працюють в умовах зволоження. ASAE, – 1987.
4. Марков Е. С., та ін. загальною редакцією Е. С. Маркова – Сельскохозяйственные гидротехнические мелиорации. Москва. «Колос». –1981г. – 375с.
5. Фокин Б. П., Носов А. К. (2011). Современные проблемы применения многоопорных дождевальных машин. Научное издание. Пятигорск.
6. Сніговий В. С., Малярчук М. П., Авраменко В. С. (2010). Система ведення сільського господарства Херсонської області: наукове супроводження “Стратегії економічного та соціального розвитку Херсонської області до 2011 року. Наукове видання. Землеробство. Ч.1. Херсон, “Айлант”. – 164с.
7. Мігальов А. О., Сидоренко В. В., Малярчук В. М. та ін. (2014) НДР Розробка вихідних вимог на техніко-технологічні операції зрошування. Обліковий 0214U006974.

## ДО ПИТАННЯ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОГО РЕГУЛЮВАННЯ ВІДНОСИН МІЖ ВИРОБНИКАМИ І СПОЖИВАЧАМИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Цема Т., ел. пошта: [tamaracem3@gmail.com](mailto:tamaracem3@gmail.com)

Рижкова С., ел. пошта [Sva\\_Ra@ukr.net](mailto:Sva_Ra@ukr.net)

УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

**Вступ. / Introduction.** З перших років самостійності України на пострадянському просторі, значна увага приділялася питанню регулювання відносин між виробниками (продавцями) і споживачами (покупцями) та створенню системи захисту прав споживачів. Першого жовтня 1991 року набрав чинності Закон України «Про захист прав споживачів». Цей Закон регулює відносини між споживачами товарів, робіт і послуг та виробниками і продавцями товарів, виконавцями робіт і надавачами послуг різних форм власності, встановлює права споживачів, а також визначає механізм їхнього захисту та основи реалізації державної політики у сфері захисту прав споживачів [Закон України «Про захист прав споживачів», 1991]. Враховуючи специфіку торгівлі сільськогосподарською технікою восьмого червня 2003 року введено в дію Закон України «Про захист прав покупців сільськогосподарських машин», який регулює відносини між покупцями сільськогосподарських машин та їхніми виробниками, продавцями, виконавцями робіт і послуг з технічного сервісу [Закон України «Про захист прав покупців сільськогосподарської техніки», 2003].

Після підписання та ратифікації Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом відповідно до глави 20 «Захист прав споживачів» Угоди про асоціацію Україна має забезпечити високий рівень захисту споживачів та досягнути сумісності між національною і європейською системами захисту прав споживачів [Угода про асоціацію, 2014]. Це потребує подальшого наближення національного законодавства про захист прав споживачів до відповідного законодавства Європейського Союзу з метою гармонізації системи захисту прав споживачів в Україні з принципами, підходами та практиками ЄС.

В цих тезах розглянуто основні положення законодавчих та нормативно-правових актів щодо регулювання відносин між виробниками і споживачами, можливість застосування в цьому процесі нормативних документів та деякі аспекти удосконалення законодавства в цій сфері.

**Мета роботи. / Aim:** дослідження складових системи регулювання відносин між виробниками і споживачами та можливості застосування нормативних



документів, зокрема технічних умов. Ознайомлення з напрямками вдосконалення законодавства щодо споживчого захисту.

**Методи і матеріали. / Materials and methods.** Вихідними матеріалами для досліджень є положення законодавчих і нормативно-правових актів та нормативних документів, які зазначені в цих тезах та містять положення щодо регулювання відносин між виробниками і споживачами. Методи досліджень полягають в аналізуванні, порівнянні та узагальненні складових системи регулювання відносин між виробниками і споживачами.

### **Результати та обговорення. / Results and discussion.**

Базовими документами, які регулюють відносини між виробниками і споживачами є Господарський кодекс України та Закон «Про захист прав споживачів». Стосовно сільськогосподарської техніки відповідні положення конкретизовані в Законі про захист прав покупців сільськогосподарських машин (рис. 1.).



**Рисунок 1** – Законодавство в сфері регулювання відносин між виробниками і споживачами сільськогосподарської техніки

Як зазначено в Господарському кодексі, одним із засобів державного регулювання господарської діяльності є технічне регулювання. У сфері господарювання застосовуються технічні регламенти, стандарти, кодекси усталеної практики та технічні умови.

Дотримання виробником вимог технічних регламентів є обов'язковим [Закон України «Про технічні регламенти та оцінку відповідності», 2015]. Сільськогосподарська техніка має відповідати застосовним вимогам Технічного регламенту безпеки машин [постанова КМУ 62, 2013] і Технічного регламенту затвердження типу сільськогосподарських та лісогосподарських тракторів, їх причепів і змінних причіпних машин, систем, складових частин та окремих технічних вузлів [постанова КМУ 1367, 2011].

Стандарти, кодекси усталеної практики та технічні умови, прийняті підприємствами, установами та організаціями, застосовуються на добровільній основі [Закон України «Про стандартизацію», 2014]. Проте зазначені нормативні документи стають обов'язковими для застосування виробниками у разі, якщо:

- обов'язковість їх застосування встановлена нормативно-правовими актами (законами, постановами КМУ чи наказами центральних органів виконавчої влади, зареєстрованих в Міністерстві юстиції, включаючи технічні регламенти);

- в угоді (контракті) є посилання на стандарти, кодекси усталеної практики чи технічні умови;

- виробник чи постачальник склав декларацію (чи отримав сертифікат) про відповідність продукції певним стандартам чи застосував позначення цих стандартів у її маркуванні.

У разі виготовлення продукції на експорт, якщо угодою (контрактом) визначено інші вимоги, ніж ті, що встановлено технічними регламентами, дозволяється застосування положень угоди (контракту), якщо вони не суперечать законодавству України стосовно вимог до процесу виготовлення продукції, її зберігання та транспортування на території України [Господарський кодекс України, 2003].

Розглянемо більш детально основні складники, якими регулюються зазначені вище відносини.

Відповідно до Закону «Про захист прав покупців сільськогосподарських машин», який регулює відносини між покупцями (споживачами) сільськогосподарських машин та їхніми виробниками (продавцями) покупець має право:

- вільного вибору продавця машини;

- на одержання необхідної, доступної, достовірної інформації про машини, їхніх виробників та виконавців робіт, послуг з технічного сервісу;

- на безпечність придбаних машин для життя і здоров'я, навколишнього середовища і майна, за звичайних умов їхнього використання, зберігання, обслуговування, транспортування й утилізації;

- на належну якість машин та робіт, послуг з технічного сервісу.

Інформація має містити:

- назву машини;

- зазначення нормативно-правових актів, вимогам яких повинні відповідати сільськогосподарські машини;

- дані про основні властивості машини, умови використання та зберігання, застереження щодо безпечності використання, а також іншу інформацію, що поширюється на конкретну машину;

- відомості про можливість утворення шкідливих для здоров'я умов праці з машиною і протипоказання щодо її застосування;

Продаж машин здійснюються лише на договірній основі.

Продавець (виробник) зобов'язаний передати споживачеві продукцію належної якості, а також надати інформацію про цю продукцію. Продавець (виробник) на вимогу споживача зобов'язаний надати йому документи, які підтверджують належну якість продукції (наприклад, декларацію чи сертифікат відповідності). [Закон України «Про захист прав споживачів», 1991].

Якість машин, що поставляються, повинна відповідати стандартам, технічним умовам (у разі наявності), іншій технічній документації, яка встановлює вимоги до їхньої якості, або зразкам (еталонам), якщо сторони не визначають у договорі більш високі вимоги до якості товарів. Номери та індекси стандартів, технічних умов (у разі наявності) або іншої документації про якість товарів зазначаються в договорі.

Виробник зобов'язаний забезпечити використання машини за призначенням протягом строку її служби, передбаченого технічними умовами (стандартом) або встановленого ним за домовленістю із споживачем, а в разі відсутності такого строку - протягом десяти років. Гарантійний строк експлуатації обчислюється від дня введення виробу в експлуатацію, але не пізніше одного року з дня одержання виробу покупцем (споживачем). [Господарський кодекс України, 2003]. Гарантійний строк зазначається в паспорті на продукцію або будь-якому іншому документі, що додається до продукції [Закон України «Про захист прав споживачів», 1991].

Машина повинна поставлятися комплектно відповідно до вимог стандартів, технічних умов (у разі наявності) або преїскурантів. Договором може бути передбачено поставку з додатковими до комплекту виробами (частинами) або без окремих, не потрібних покупцеві виробів (частин), що входять до комплекту.

Виробник зобов'язаний забезпечити технічне обслуговування та гарантійний ремонт машин, а також випуск і поставку для підприємств, що здійснюють технічне обслуговування та ремонт, у необхідному обсязі та асортименті запасних частин протягом усього строку її виробництва, а після зняття з виробництва - протягом строку служби, в разі відсутності такого строку - протягом десяти років. Під час виконання гарантійного ремонту гарантійний строк збільшується на час перебування продукції в ремонті. Під час обміну товару його гарантійний строк обчислюється заново від дня обміну.

Необхідно зазначити, що наближення національного законодавства про захист прав споживачів до законодавства Європейського Союзу з метою гармонізації системи захисту прав споживачів в Україні з принципами, підходами та практиками ЄС потребує подальшого його вдосконалення. Зараз на сайті

Мінекономіки оприлюднена для обговорення нова редакція проекту Закону України «Про захист прав споживачів» [Проект Закону «Про захист прав споживачів», 2020], яка враховує положення Директиви 2011/83/ЄС [Directive 2011/83/EU].

Нова редакція проекту Закону має врегулювати питання захисту споживчих прав у сфері електронної торгівлі, запровадити дієві механізми захисту від нечесної торговельної діяльності, підвищити ефективність захисту прав споживачів під час гарантійного обслуговування тощо. Також будуть скасовані норми, які практично не працюють або є занадто обтяжливими для бізнесу. Замість необхідності створення обмінного фонду техніки виробником (продавцем) встановлюється законодавча норма щодо заміни товару на такий самий або аналогічний, наявний у суб'єкта господарювання, у разі, якщо ремонт потребує більше чотирнадцяти календарних днів або є неможливим. У такому разі зникає потреба в наявності обмінного фонду, а у разі його створення, виробник (продавець) матиме конкурентну перевагу.

Слід зазначити після прийняття нової редакції Закону України «Про захист прав споживачів» відповідні зміни необхідно буде внести і до Закону України «Про захист прав покупців сільськогосподарських машин».

### **Висновки / Conclusions.**

Таким чином відносини між виробниками і споживачами врегульовано на законодавчому рівні та постійно вдосконалюються в напрямку наближення до європейських норм і практик.

Насамперед виробник сільськогосподарської техніки повинен постачати споживачу безпечну техніку, підтверджуючи це відповідними документами (декларацією чи сертифікатом відповідності) та наносячи відповідне маркування. Суттєві вимоги безпеки регламентуються технічними регламентами, дотримання яких є обов'язковим. Цей аспект регулюється і контролюється на державному рівні.

Якісні показники і характеристики машин, комплектність їх поставки, маркування, пакування, строк служби, гарантійний строк експлуатації можуть бути безпосередньо прописані в договорі купівлі-продажу або у нормативних документах: стандартах, якщо машина виготовляється відповідно до певного стандарту або технічних умовах, якщо виробництво машини здійснюється відповідно до технічних умов на неї. Посилання на такий документ зазначається у договорі.

Технічні умови - нормативний документ, що встановлює технічні вимоги, яким повинна відповідати продукція, процес або послуга, та визначає процедури, за допомогою яких може бути встановлено, чи дотримані такі вимоги [Закон України «Про стандартизацію», 2014]. До 2014 року технічні умови

застосовувалися, як нормативний документ, що містить вимоги, які регулюють відносини між постачальником (розробником, виготівником) і споживачем (замовником) продукції. Вони в обов'язковому порядку підлягали державній реєстрації.

Зараз технічні умови, як і стандарти, можуть застосовуватися добровільно. Тобто виробник добровільно вибирає:

- чи його продукція буде виготовлятися відповідно до національного стандарту (ДСТУ), якщо такий є;

- чи відповідно до технічних умов на продукцію, які він сам розробив, врахувавши обов'язкові вимоги безпеки, конкурентні запити і очікування споживача та власні технічні і виробничі можливості;

- чи буде відповідати певному зразку;

- чи відповідно до іншої технічної документації.

Але після того, як він зробив свій вибір на користь стандарту чи технічних умов і задекларував це відповідним маркуванням на машині або вніс в декларацію, дотримання вимог таких нормативних документів є обов'язковим. Тобто стандарт чи технічні умови для нього стають обов'язковими. Можливість застосування стандартів і технічних умов (за наявності) для регулювання відносин між виробниками і споживачами передбачено Господарським кодексом України.

### Література

Господарський кодекс України № 436-IV від 16.01.2003. ULR: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/436-15>.

Закон України «Про захист прав споживачів» № 1023-XII від 12.05.1991. ULR: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1023-12>.

Закон України «Про захист прав покупців сільськогосподарських машин» № 900-IV від 05.06.2003. ULR: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/900-15>.

Закон України «Про стандартизацію» № 1315-VII від 05.06.2014. ULR: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1315-18>.

Закон України «Про технічні регламенти та оцінку відповідності» № 124-VIII від 15 січня 2015. ULR: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/124-19>.

Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Технічного регламенту затвердження типу сільськогосподарських та лісогосподарських тракторів, їх причепів і змінних причіпних машин, систем, складових частин та окремих технічних вузлів» № 1367 від 28.12.2011. ULR: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1367-2011>.

Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Технічного регламенту безпеки машин» № 62 від 30 січня 2013. ULR: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/62-2013>.

Угода про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами - членами, з іншої сторони № 984-011. ULR: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984-011>.

Проект Закону України «Про захист прав споживачів», 2020. ULR: <https://www.me.gov.ua>.

Directive 2011/83/EU of the European parliament and of the Council of 25 October 2011 on consumer rights, amending Council Directive 93/13/EEC and Directive 1999/44/EC of the European Parliament and of the Council and repealing Council Directive 85/577/EEC and Directive 97/7/EC of the European Parliament and of the Council. ULR: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT>.

## **ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ОНОВЛЕНИХ ЄВРОПЕЙСЬКИХ НОРМ ЩОДО ГАЛЬМІВНИХ СИСТЕМ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ І ЛІСОГОСПОДАРСЬКИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

**Афанасьєва С.**, s\_afanasjeva1@ukr.net,

УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

**Вступ.** Підвищення безпеки машин, зниження їхнього негативного впливу на здоров'я і життя людей і тварин, а також на довкілля є тенденцією сучасного етапу розвитку машинобудування як в Європейському Союзі (далі – ЄС), так і в Україні.

Важливим аспектом безпеки дорожнього руху є ефективність гальмівних систем транспортних засобів, зокрема і транспортних засобів сільськогосподарського та лісогосподарського призначення. Система гальмування є однією з найбільш відповідальних систем мобільних машин і будь-які проблеми з роботою гальм є небезпечними. За статистичними даними близько 48 % дорожньо-транспортних пригод стається саме через гальмівну систему [1]. В ЄС з 2016 року для підвищення рівня безпеки введено оновлені вимоги до гальмівних систем сільськогосподарських і лісогосподарських транспортних засобів, які значно доповнені і розширені порівняно із попереднім варіантом вимог.

Зараз в Україні стосовно сільськогосподарських і лісогосподарських транспортних засобів (тракторів, причепів, причіпних машин) діє Технічний регламент затвердження типу сільськогосподарських та лісогосподарських тракторів, їхніх причепів і змінних причіпних машин, систем, складових частин та окремих технічних вузлів [2] (далі – Технічний регламент 1367/2011), адаптований до європейської директиви 2003 року [3]. Але через введення в 2016 році в ЄС нових удосконалених вимог чинний Технічний регламент 1367/2011 щодо гальмівних систем не повною мірою відповідає сучасним європейським нормам.

Для можливості підвищення рівня безпеки, конкурентоспроможності та розширення ринку збуту вітчизняної техніки потрібно імплементувати оновлені європейські вимоги щодо системи гальмування в законодавство України. Також це необхідно для виконання міжнародних зобов'язань України щодо створення умов для усунення технічних бар'єрів в торгівлі та спрощення процедур визнання результатів оцінки відповідності, проведеної в Україні і країнах ЄС.

**Метою роботи** є аналізування оновлених вимог щодо гальмівних систем у сучасних актах технічного законодавства ЄС, порівняння з вимогами Технічного регламенту 1367/2011 з подальшим розробленням національної моделі запровадження аналогічних вимог в Україні.

**Матеріали і методи.** Враховуючи важливе значення гальмівних систем для безпеки дорожнього руху і експлуатації сільськогосподарських і лісгосподарських транспортних засобів, назріла потреба в поступовому запровадженні в Україні оновлених норм щодо таких систем гальмування.

Основою для формування таких норм є законодавчі і нормативно-правові акти України [2, 4-5] та відповідні акти технічного законодавства ЄС у сфері введення в обіг сільськогосподарських і лісгосподарських транспортних засобів стосовно вимог до систем гальмування [6-7].

Методи досліджень полягали у вивченні, аналізуванні, порівнянні, узагальненні та оцінюванні даних стосовно установлення вимог до систем гальмування сільськогосподарських і лісгосподарських транспортних засобів.

**Результати та обговорення.** Орієнтація на обов'язкові вимоги безпечності та ергономічності для сільськогосподарських і лісгосподарських транспортних засобів, ідентичні сучасним європейським нормам, значно підвищують безпечність, ефективність та конкурентоспроможність вітчизняної сільськогосподарської техніки.

Як було зазначено вище, в ЄС з 2016 року введено в дію оновлене законодавство на базі Регламенту (ЄС) № 167/2013 [6].

Регламент (ЄС) 167/2013 є базовим процедурним законодавчим актом, в якому застосовано новий підхід — викладено лише основоположні правила та принципи, а подальші технічні деталі установлюються в чотирьох делегованих Регламентах Комісії ЄС, зокрема і технічні вимоги до гальмівних систем, які відносяться до об'єктів регулювання стосовно функційної безпеки та установлені окремим Регламентом (ЄС) 2015/68 [7]. На основі цього Регламенту ЄС в УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого розроблено проект нормативно-правового акта (далі – НПА) «Вимоги до системи гальмування для затвердження типу сільськогосподарських і лісгосподарських транспортних засобів». Імплементация оновлених європейських вимог в законодавство України направлена на підвищення ефективності функціонування гальм і відповідно рівня безпеки сільськогосподарських і лісгосподарських транспортних засобів під час дорожнього руху та під час експлуатування в полі.

Оновлені вимоги щодо систем гальмування порівняно з раніше чинними положеннями законодавства як в ЄС, так і в Україні враховують технічний прогрес, зокрема, запроваджено спеціальні положення, які стосуються транспортних засобів з електронними системами керування, антиблокувальними гальмівними системами, транспортних засобів з гідрооб'ємним приводом та з максимальною конструкційною швидкістю більше ніж 60 км/год. Особливо розглянуто інерційні гальмівні системи, а також наведено порядок і методи проведення випробувань.



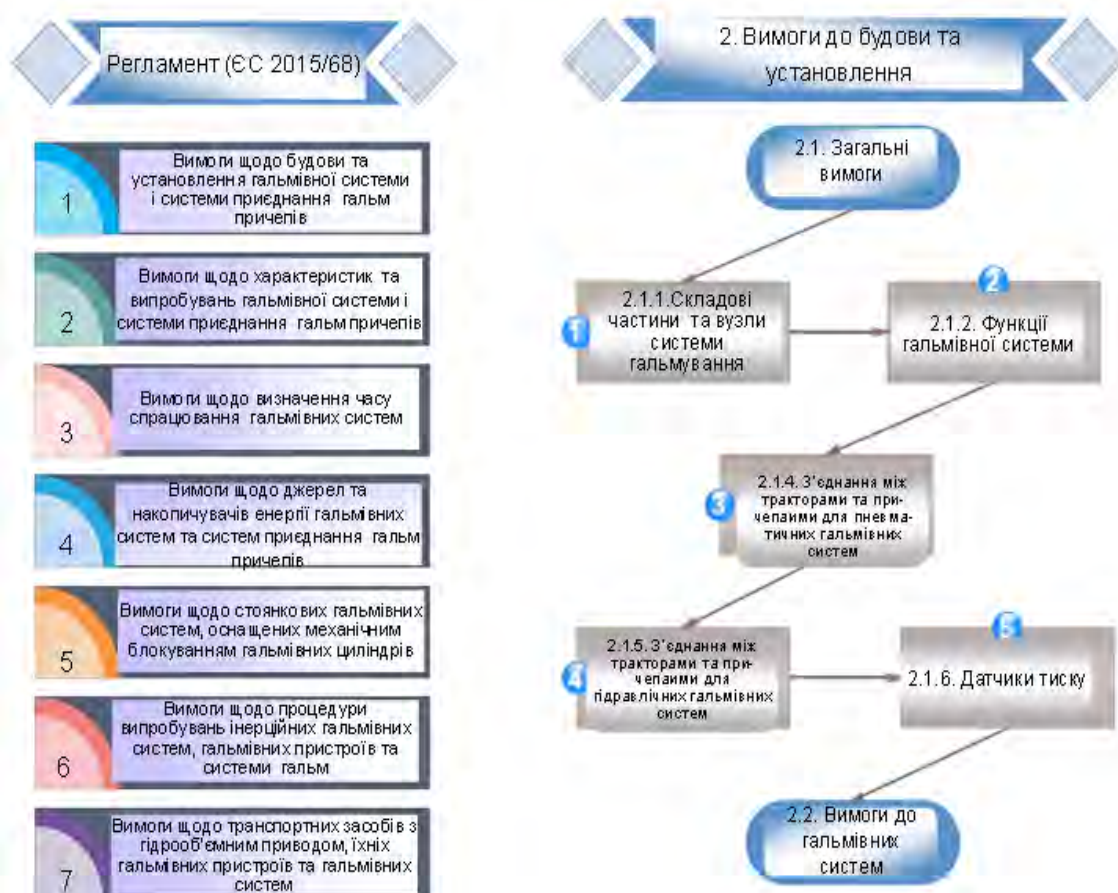
Регламент (ЄС) 2015/68, а також проект національного НПА визначають систематизовані спеціальні технічні вимоги до конструкції та характеристик гальмівних систем тракторів, причепів і причіпних машин категорій Т (колісні трактори), С (гусеничні трактори), R (причепи), S (причіпні машини), а також вимоги до систем приєднання гальм причепів і причіпних машин.

Вимоги та методи оцінювання (випробування) встановлюються до конструкції, функціонування і показників ефективності гальмівних систем за їх призначенням, а саме робочої, стоянкової та запасної (резервної) системи гальмування (рис. 1).



**Рисунок 1** - Види гальмівних систем за призначенням, ефективність яких оцінюється

Фрагменти установлення вимог до гальмівних систем та систем приєднання гальм причіпних транспортних засобів наведено на рисунку 2.

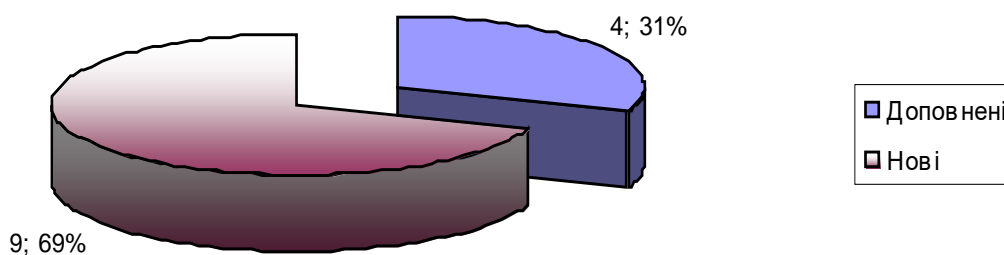


**Рисунок 2** - Фрагменти установлення оновлених вимог до гальмівних систем та систем приєднання гальм причіпних транспортних засобів

Оновлені вимоги щодо систем гальмування порівняно з Технічним регламентом 1367/2011 значно розширено і доповнено (таблиця 1, рис. 3).

**Таблиця 1** - Результати порівняльного аналізу оновлених вимог згідно з проектом НПА та Технічним регламентом 1367/2011

<b>Оновлені вимоги до систем гальмування</b>		
<b>Номер додатка</b>	<b>Найменування додатка щодо вимог</b>	<b>Відмінності з ТР 1367/2011</b>
1	Вимоги щодо конструкції та встановлення гальмівної системи та системи приєднання гальм причепів	Загальні вимоги до гальмівних систем систематизовано і розширено, в тому числі для категорій R та S
2	Вимоги до випробувань і характеристик гальмівної системи та системи приєднання гальм причепів і оснащених ними транспортних засобів	ТР 1367/2011 містить менше вимог до характеристик гальмування, вимоги до методів випробувань не регламентовано
3	Вимоги щодо визначення часу спрацювання	Додаткові до ТР 1367/2011 вимоги
4	Вимоги щодо джерел та накопичувачів енергії гальмівних систем, систем приєднання гальм причепів та оснащених ними транспортних засобів	Додаткові до ТР 1367/2011 вимоги
5	Вимоги щодо пружинних гальм та оснащених ними транспортних засобів	Вимоги дещо розширено
6	Вимоги щодо стоянкових гальмівних систем, оснащених механічним блокуванням гальмівних циліндрів	Вимоги дещо розширено
7	Альтернативні вимоги до випробувань для транспортних засобів, для яких випробування типу I, II або III не є обов'язковими	Додаткові до ТР 1367/2011 вимоги
8	Вимоги щодо випробувань інерційних гальмівних систем, гальмівних пристроїв та системи гальм причепів та оснащених ними транспортних засобів, щодо гальмування	Додаткові до ТР 1367/2011 вимоги
9	Вимоги щодо транспортних засобів з гідروб'ємним приводом, їхніх гальмівних пристроїв та гальмівних систем	Додаткові до ТР 1367/2011 вимоги
10	Вимоги щодо аспектів безпеки комплексних електронних систем керування транспортним засобом	Додаткові до ТР 1367/2011 вимоги
11	Вимоги та процедури випробувань, що застосовуються до антиблокувальних гальмівних систем та оснащених ними транспортних засобів	Додаткові до ТР 1367/2011 вимоги
12	Вимоги щодо електронних систем гальмування (EBS) транспортних засобів із пневматичними гальмівними системами або транспортних засобів з 6 та 7-контактними з'єднувачами згідно ISO 7638, а також до транспортних засобів, оснащених такими EBS	Додаткові до ТР 1367/2011 вимоги
13	Вимоги щодо гідравлічних однолінійних з'єднань та оснащених ними транспортних засобів	Додатково до ТР 1367/2011



**Рисунок 3 - Співвідношення об'єктів регулювання щодо гальмівних систем в чинному Технічному регламенті 1367/2011 та проекті НПА на основі Регламенту (ЄС) 2015/68**

Чітко встановлено необхідність обладнання гальмівними системами сільськогосподарських і лісогосподарських причепів і причіпних машин, залежно від їх категорії, навантаження на осі і максимальної проектної швидкості (таблиця 2). За цих умов щодо характеристик гальм причіпних транспортних засобів та системи приєднання гальм між трактором та причіпними транспортними засобами встановлено більш жорсткі вимоги.

**Таблиця 2 - Вимоги щодо обладнання гальмівними системами транспортних засобів категорії R та S**

Категорія транспортного засобу	Умови застосування	Необхідність обладнання гальмівною системою
R1a, S1a	Для усіх транспортних засобів цієї категорії	Не обладнуються гальмівною системою
R1b, S1b	Для транспортних засобів, у яких сумарна технічно допустима маса на осі перевищує 750 кг	Обладнуються гальмівною системою з безперервним або напівбезперервним чи інерційним гальмуванням
R2	Для усіх транспортних засобів цієї категорії	Те ж саме
R3, R4, S2	Для усіх транспортних засобів цієї категорії з винятком для категорій R3a, S2a	Обладнуються гальмівною системою з безперервним чи напівбезперервним гальмуванням
R3a, S2a (як виняток)	Для транспортних засобів з максимальною масою не більше 8000 кг та за умови, що конструкційна швидкість $V \leq 30$ км/год – у разі, коли гальма діють не на всі колеса, або $V \leq 40$ км/год, коли гальма діють на всі колеса	Допускається обладнання гальмівною системою з інерційним гальмуванням

Вимогами охоплено додаткову номенклатуру складових частин гальмівних систем (рис. 4).



**Рисунок 4** - Додаткова номенклатура складових частин гальмівних систем, охоплена оновленими вимогами

Запровадження та дотримання оновлених європейських вимог до гальмівних систем дозволить підвищити рівень їхньої безпеки під час дорожнього руху, знизити ризик травматизму та нещасних випадків, підвищити конкурентоспроможність вітчизняної техніки. Крім того, застосування методів випробувань буде прийнято на рівні нормативно-правового акта, оскільки такий документ, який установлює методи випробувань для мети затвердження типу стосовно системи гальмування, зараз відсутній.

Обґрунтування необхідності та підстав впровадження оновлених європейських норм, зокрема стосовно гальмівних систем сільськогосподарських і лісогосподарських транспортних засобів було висвітлено в наукових статтях співробітників УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого [8, 9 тощо]. Викладені тези доповіді є частиною і продовженням робіт УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого з імплементації оновленого законодавства ЄС щодо порядку оцінювання відповідності та введення в обіг зазначених транспортних засобів.

Практичне застосування описаних вимог і методів оцінювання було проведено в УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого під час випробувань пневматичної гальмівної системи двохосьового бункера-накопичувача, максимальна маса якого становить 27000 кг [10, 11]. Цим самим було підтверджено можливість проведення оцінки відповідності гальмівних систем сільськогосподарських причепів та причіпних машин європейським вимогам у межах України, а також можливість виготовлення вітчизняної техніки відповідно до стандартів ЄС.

**Висновки.** Досягнення описаних перспектив впровадження оновлених європейських норм щодо систем гальмування стане ще одним кроком на шляху імплементації оновленого європейського законодавства стосовно правил

оцінювання та введення в обіг сільськогосподарських і лісогосподарських транспортних засобів. Системи гальмування з підвищеною ефективністю будуть сприяти підвищенню рівня безпеки, відповідному європейським нормам, що дасть змогу мінімізувати ризики травмування людей під час дорожнього руху та під час роботи в умовах експлуатування, а також підвищити конкурентоспроможність вітчизняної техніки. Результати проведених досліджень будуть використані для подальшого розроблення та введення в дію оновленої нормативно-правової бази щодо встановлення вимог та підтвердження відповідності систем гальмування сільськогосподарських і лісогосподарських транспортних засобів за допомогою єдиних методів випробувань. Водночас впровадження таких норм поступово витіснить з ринку ті сільськогосподарські та лісогосподарські транспортні засоби, які спричиняють негативний вплив на безпеку під час їхнього дорожнього руху та експлуатації.

### Література

1. Погожевський В. В. Гальмівні системи. Методичний посібник/ Погожевський В. В. – Хмельницький: ХНУ, – 2012. – 17.

1. Про затвердження Технічного регламенту затвердження типу сільськогосподарських та лісогосподарських тракторів, їх причепів і змінних причіпних машин, систем, складових частин та окремих технічних вузлів: Постанова Кабінету Міністрів України від 28.12.2011 р. № 1367. URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/>.

3. Directive 2003/37/EC of the European Parliament and of the Council of 26 May 2003 on type-approval of agricultural or forestry tractors, their trailers and interchangeable towed machinery, together with their systems, components and separate technical units and repealing Directive 74/150/EEC. URL: <http://eur-lex.europa.eu>.

4. Про дорожній рух: Закон України від 30 червня 1993. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3353-12>.

5. Про технічні регламенти та оцінку відповідності: Закон України від 15 січня 2015 року № 124-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/124-19>.

6. Regulation (EU) № 167/2013 of the European Parliament and of the Council of 5 February 2013 on the approval and market surveillance of agricultural and forestry vehicles. URL: <http://eur-lex.europa.eu>.

7. Commission delegated Regulation (EU) 2015/68 of 15 October 2014 supplementing Regulation (EU) No 167/2013 of the European Parliament and of the Council with regard to vehicle braking requirements for the approval of agricultural and forestry vehicles. URL: <http://eur-lex.europa.eu>.

8. Кравчук В., Цема Т., Афанасьєва С., Лисак Л., Рижкова С., Горбатова І. Порівняльний аналіз національних вимог для затвердження типу тракторів, причепів,

причіпних машин з новими європейськими нормами. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Зб. наук. пр. УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого, Дослідницьке. Вип. 22(36), – 2018, – 43-53. Doi: [http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2018-1-22\(36\)-41-51](http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2018-1-22(36)-41-51).

9. Цема Т., Афанасьєва С., Лисак Л. Імплементация оновлених європейських вимог щодо сільськогосподарських та лісогосподарських транспортних засобів в законодавство України. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Зб. наук. пр. УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого, Дослідницьке Вип. 24(38), 2019, 72–83., Doi: [http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2019-1-24\(38\)-6](http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2019-1-24(38)-6).

10. Постельга С. Визначення гальмівних характеристик пневматичних гальмівних систем сільськогосподарських причепів //Тези наукових доповідей XX Міжнародної наукової інтернет-конференції «Науково-технічні засади розробки, випробування та прогнозування сільськогосподарської техніки і технологій», –2020, – 53-58.

11. Сводный протокол № 01-24ТР-2020 испытаний перегрузочных бункеров накопителей типа R2 на оценку соответствия согласно Регламенту Европейского Союза (ЕС) № 167/2013. – Дослідницьке, – 2020. – 87 с.

## ЄВРОПЕЙСЬКІ ВИМОГИ ДО ДРЕЙФУ ПИЛУ ПРОТРАВНИКА, ОЦІНКА РИЗИКІВ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАНЬ

**Погорілий В.**, e-mail: pogoriliy@ukr.net,

УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

**Мерзлюк В.**, e-mail: v.merzluk@kernel.ua

ТОВ «Кернел»

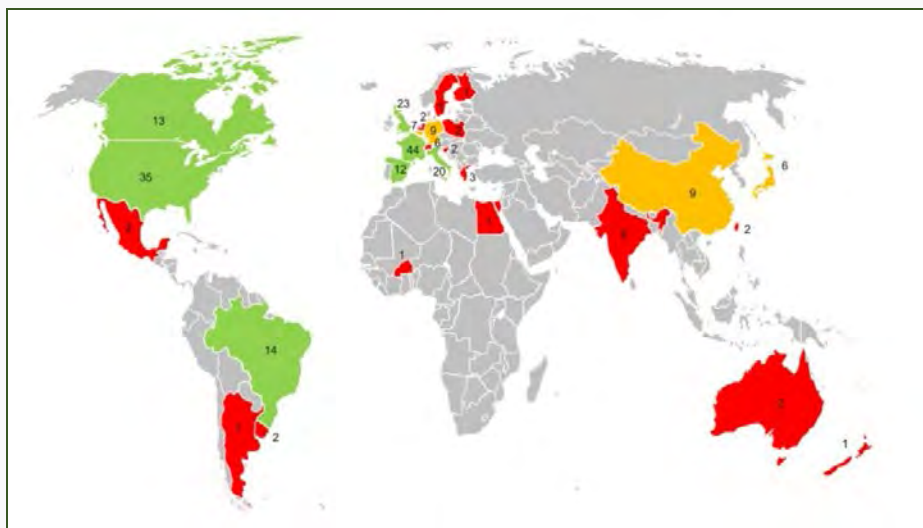
**Калмишева Л.**, e-mail: [traillab2019@ukr.net](mailto:traillab2019@ukr.net),

**Козярук Л.**, с. н. с., e-mail: [lkozyaruk@ukr.net](mailto:lkozyaruk@ukr.net)

УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

**Вступ. / Introduction.** В умовах широкого застосування хімічних препаратів в сільському господарстві країн світу все гостріше стає проблема охорони і захисту бджіл від масової загибелі через отруєння.

Дослідженнями вчених країн США, Канади, країн ЄС (рис.1), вже доведено, що в 95 % випадках хімічний токсикоз комах-запилювачів викликають інсектициди, в 4 % - гербіциди і 1 % припадає на інші хімікати.



**Рисунок 1** – Географія досліджень впливу неонікотіноїдних інсектицидів на бджіл

Вказано кількість первинних наукових досліджень від кожної країни:  
1-5 - червоний, 6-10 - оранжевий, більше 10 - (зелений).

Дослідження останніх років вчених з Університету Падуї в Італії підтвердило результати попередніх досліджень, що мед і бджоли піддаються впливу токсичних неонікотіноїдних (ніонікі) інсектицидів під час весняної сівби насіння.

Висновки італійської дослідницької групи під керівництвом професора Андреа Таппара підтверджують, що велика кількість неонікі присутні у «вихлопних газах» сівалок під час сівби кукурудзи і що бджоли піддаються впливу цих потенційно смертельних концентрацій хімічної речовини.

У більшості сучасних сівалок використовується система пневматичної подачі насіння від бункера через пневмопровід до сошника. За таких умов через повітрозабирач нагнітається в пневмосистему сівалки повітря. Коли трактор з сівалкою працює в полі, утворюється пил, який разом з повітрям потрапляє через повітрозабирач в пневмосистему сівалки і цей пил діє як «піскоструминний апарат» Утворюваний пил розмелює покриття (оболонку) насіння, а потім забирає з собою цю суміш назовні в атмосферу. Пневматичні сівалки впливають на пилоутворення так само, як механічні. А от викиди цього пилу в навколишнє середовище значно відрізняються [1].

**Мета роботи. / Aim.** Оцінка ризиків та визначення рівня викидів і дрейфу матеріалів протруйника (МП), що використовуються для протравлення насіння просапних культур та посівів насіння пневматичними сівалками.

**Матеріали і методи. / Materials and methods.** Аналіз та оцінка небезпек (ризиків) отруєння корисних комах (бджіл) проведена за результатами аналітичного огляду наукових та технічних досягнень в сільськогосподарській галузі та застосуванням положень: ДСТУ EN ISO 12100:2016 [2]; ISO 14121-1:2007 [3]; ISO/TR 14121-2:2012 [4].

Викиди МП та дрейф пилу визначались за спеціально розробленою оригінальною методикою, яка базується на застосуванні фотоколориметричного методу аналізу та порівнянні інтенсивності забарвлень розчинів різних концентрації - оптичної густини.

Відсоток викидів та дрейфу пилу визначено як – співвідношення розрахованої сухої речовини МП в лотках до загальної маси МП, яка розміщена на насінні, висіяному безпосередньо під час кожного експерименту.

Дослідження проводились на пневматичних сівалках фірми Horsch Maestro 24 SW ANL та Horsch Maestro 24 SX Liquid (нова).

**Результати і обговорення. / Results and discussion.** За результатами ідентифікації та оцінки ризиків викиду та дрейфу матеріалів, що використовуються для протравлення насіння просапних культур та їхньому висіві пневматичними сівалками встановлено, що вагомість ризиків за кількістю можливих джерел небезпеки та індексом ризику розподіляється так:



Небезпеки пов'язані:	Частка джерел прояву небезпек, %	Частка індексу ризику, %
– з використанням технологічного матеріалу	22	<b>34,5</b>
– з роботою машини	30	<b>18</b>
– з налаштуванням машини	26	<b>13</b>
– з природними факторами	22	<b>34,5</b>

В умовному загальному індексі небезпек частки впливу на викиди та дрейф МП найбільш вагомими щодо використання технологічного матеріалу (34 %) та пов'язані з природними факторами (34 %).

Частка джерел прояву небезпек, пов'язана безпосередньо з сівалкою та її налаштуваннями складає 56 %, але частка впливу конструкції сівалок значно нижча і за розрахунками становить біля 18 %, а їхнє налаштування ще додатково 13 %. У сумі це менше третини можливого прояву ризику від усіх факторів небезпек.

Сівалки Horsch Maestro 24 SW AHL та Horsch Maestro 24 SX Liquid (нова) (рис. 2) призначені для високопродуктивного висіву насіння просапних культур, 24 рядні, з міжряддям 70 см.



**Рисунок 2 - Сівалки Horsch Maestro**

Висівні апарати у сівалки Horsch Maestro 24 SW AHL – вакуумного типу, а у сівалки Horsch Maestro 24 SX Liquid (нова) – надлишкового тиску, обладнані прийомними камерами невеликого об'єму в яких накопичується гарантована кількість насіння для наступного його одно зернового висіву. Пневматична система, обслуговує індивідуальні висівні апарати та забезпечує фіксацію насіння

на висівному диску; пневматичні системи транспорту та висівних апаратів оснащені пристроями для забору повітря та пристроями для викиду відпрацьованого повітря в атмосферу.

Особливості конструкції:

– у сівалці Horsch Maestro 24 SW AHL викиди повітря в атмосферу відбуваються через вихлопний отвір вентилятора, обладнаний фартухом з поперечним перерізом 26 x 15 см, який кріпиться безпосередньо на рамі. Кількість точок викиду складає 2;

– відмінністю сівалки Horsch Maestro 24 SX Liquid (нова) насамперед є те, що вона оснащена пневматичними висівними апаратами принципово нового типу.

Дозування насіння відбувається не завдяки вакууму, а, навпаки, забезпечується завдяки надлишковому тиску, який утримуючи насінину на диску під час переміщення її в точку скидання, використовується для транспортування насінини по насіннепроводу. Фактично повітря не викидається в атмосферу, а фіксується ґрунтом в сошниковій канавці.

Транспортування насіння з центрального бункера аналогічне, як і в попередній моделі, але залишки повітря розподіляються на 24 випускних отвори, які розміщуються на висівних апаратах.

Результати виміру швидкості вітру на відстані 2 м від вихлопного отвору вентилятора та вихлопних отворів висівних апаратів наведено в таблиці 1. Напрямок вітру (фону) – під кутом 15 градусів до умовного напрямку руху сівалки, ззаду наперед.

**Таблиця 1 - Результати виміру швидкості вітру**

Від- стань над зем- лею, см	Сівалка Horsch Maestro 24 SW AHL				Сівалка Horsch Maestro 24 SX Liquid (нова)			
	Вимкне- на (при- родній фон), м/с	Робоче поло- ження / приріст відносно фону, м/с	Поло- ження розво- роту / приріст віднос- но фону, м/с	Відповідність вимогам ДСТУ 17962	Вимкнена (природ- ній фон), м/с	Робоче поло- ження / приріст відносно фону, м/с	Положення розвороту / приріст відносно фону, м/с	Відповід- ність вимогам ДСТУ 17962
0	2,0	2,3/+0,3	2,1/+0,1	Задоволь- няє, швидкість вітру не вище 4 м/с	2,0	2,0/+0	2,0/+0	Задовольняє, швидкість вітру не вище 4 м/с
25	2,0	2,2/+0,2	2,1/+0,1		2,0	2,0/+0	2,0/+0	
50	2,1	2,2/+0,1	2,4/+0,3	Природний фон вітру вище 2 м/с, але приріст не значний в межах 0,1 – 0,4 м/с	2,2	2,2/+0	2,2/+0	Природний фон вітру вище 2 м/с, але приріст відесутній
75	2,2	2,2/+0	2,6/+0,4		2,2	2,2/+0	2,2/+0	
100	2,3	2,3/+0	2,4/+0,1		2,4	2,4/+0	2,4/+0	
125	2,6	2,6/+0	2,6/+0		2,4	2,4/+0	2,4/+0	
150	4,0	4,0/+0	4,0/+0		4,6	4,6/+0	4,6/+0	
175	4,2	4,2/+0	4,2/+0		4,6	4,6/+0	4,6/+0	
200	4,8	4,8/+0	4,8/+0	5,0	5,0/+0	5,6/+0		

Витяжні системи вентиляторів сівалки Horsch Maestro 24 SW AHL не спричинили суттєвого приросту швидкості повітряних потоків на відстані 2 м від вихлопних отворів вентилятора та висівних апаратів як в робочому положенні сівалки, так і в положенні на повороті.

У сівалці Horsch Maestro 24 SX Liquid (нова) завдяки низькій швидкості викидів відпрацьованого повітря через 24 отвори взагалі не спостерігається зміни повітряних потоків під час роботи сівалки як у робочому положенні, так і в положенні на повороті.

Фізичне моделювання процесу висіву під час нерухомого положення сівалки, увімкнених пневматичних системах транспорту насіння та висівної систем і режимів калібрування сівалки (висів 2000 насінин 1 апаратом) наведено в таблиці 2.

**Таблиця 2 - Викиди МП в стаціонарних умовах**

Назва показника	Horsch Maestro 24 SW AHL			Horsch Maestro 24 SX Lliquid (нова)			Нормативні значення
	Мінімум	Максимум	Середнє значення	Мінімум	Максимум	Середнє значення	
Викиди в зоні вихлопного отвору вентилятора (облікована площа 5,5 м <sup>2</sup> , 20 лотків), %	1,75	3,22	2,75	0,80	1,20	1,01	Не регламентуються. Інформація щодо наявності нормативних вимог відсутня
Викиди в зоні розміщення сошників, (облікована площа 4,2 м <sup>2</sup> , 12 лотків), %	0,98	1,44	1,23	1,60	2,30	1,96	
Всього викидів, %	-	-	3,98	-	-	2,97	

Загальний рівень викидів і їхній розподіл за джерелами (вихлопний отвір та підсошниковий простір) досить різняться у Horsch Maestro 24 SX Lliquid (нова) загальні викиди більше ніж на чверть менші і їхнє середнє значення становить 2,97 % проти 3,98 % у Horsch Maestro 24 SW AHL

Співвідношення рівнів та варіація викидів за площею в підсошниковому просторі та в зоні вихлопного отвору також різняться за моделями сівалок в Horsch Maestro 24 SW AHL 70 % викидів сконцентровано в зоні вихлопного отвору, водночас, Horsch Maestro 24 SX Lliquid (нова), навпаки, 60 % викидів концентрується в підсошниковому просторі. Слід відмітити, що цей рівень визначався у моделюванні висіву, коли сошники були підняті на рівнем ґрунту на 3-5 см. У робочому стані сошник працює в ґрунті і є велика вірогідність, що значна частина цих викидів може бути зафіксована в ґрунті або на його поверхні.

Оскільки викиди з вихлопних отворів не фіксуються ґрунтом, а розміщуються на його поверхні або дрейфують під впливом зовнішніх вітрових потоків, а в Horsch Maestro 24 SX Lliquid (нова) основна частина викидів припадає

на підсошниковий простір і вентиляторні викиди досить низькі, це потенційно знижує можливість підвищеного дрейфу МП.

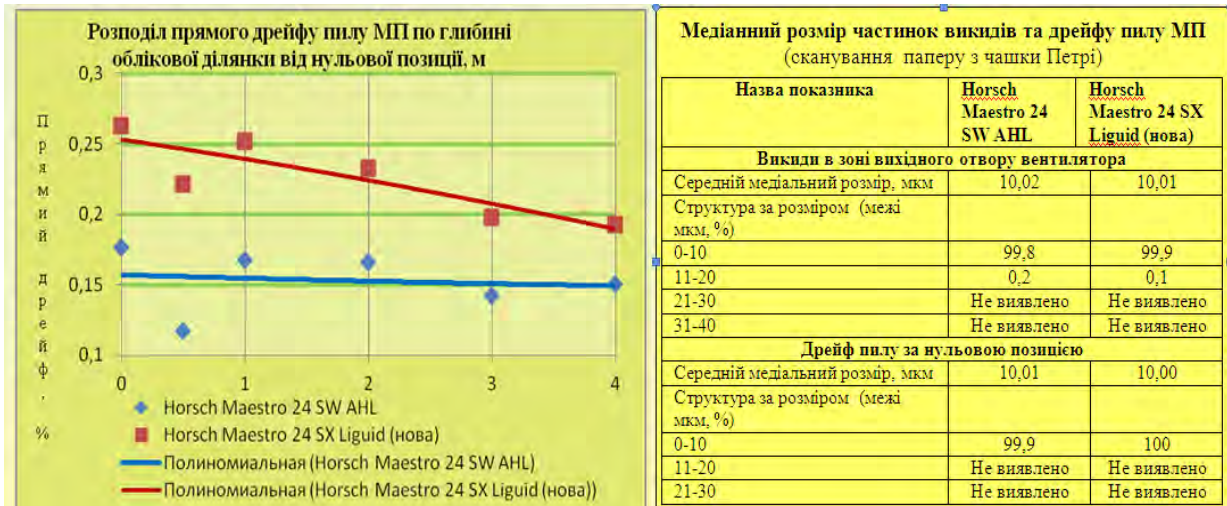
Загалом отримані результати рівня викидів МП не можуть бути безпосередньо інтерпретовані як викиди в польових умовах, а лише оцінюють їхню відносну структуру за джерелами прояву та проводять оцінку технічного рівня сівалки.

Результати досліджень дрейфу пилу у польових випробуваннях наведено в таблиці 3 та на рисунку 3. Кількість насінин висіяних у проході сівалки біля облікової ділянки становить 5,05 шт/м x 6 м x 24 рядка = 606 шт.

**Таблиця 3 - Дрейф пилу у польових випробуваннях**

Назва показника	Horsch Maestro 24 SW AHL	Horsch Maestro 24 SX Liquid (нова)	Вимоги НД, що встановлюють обмеження дрейфу пестицидів			Висновок про відповідність	
			ТР Безпеки машин	ДСТУ ISO 17962 (дрейф окремої речовини)	ФРН, Рекомендації з обмеження дрейфу пестицидів в польових роботах		
Розмір облікової ділянки, $S=L*B, m^2$	36= 6x6		Не обумовлено	Не менше 30		Прямої норми обмеження дрейфу МП не встановлено.	
Кількість встановлених лотків, шт.	6x6= 36						
Площа лотків на обліковій ділянці, $m^2$	9			Не менше 0,5		Відповідає вимогам ДСТУ ISO 17962, що встановлює обмеження дрейфу спеціальної речовини.	
Обсяг МП, що вкриває насіння при проході сівалки біля облікової ділянки, г	5,619	4,427					
Обсяг дрейфу МП на лотках, г	0,018	0,010					Відповідає загальним рекомендаціям з обмеження дрейфу пестицидів в польових умовах, встановлених в ФРН
Загальний обсяг дрейфу МП на обліковій ділянці, г	0,071	0,041					
Прямий дрейф МП на обліковій ділянці, %	1,26	0,92		Не більше 1,5	90-процентний – не більше 2,77% на відстані 1 м		
*Розрахункове значення прямого дрейфу на 1 $m^2$ при стандартному вітровому навантаженні 1м/с, %	0,018	0,013					

\* Виконано з урахуванням лінійного характеру впливу сили вітру на дрейф та його рівномірного розподілу по обліковій площі.



**Рисунок 3** – Розподіл за глибиною та медіанний розмір частинок викидів прямого дрейфу пилу з протруйника під час сівби

Дослідженнями встановлено, що прямий дрейф пилу МП, отриманий при роботі обох сівалок, знаходиться в межах 0,92-1,26 %. За цих умов верхнє значення цього дрейфу (1,26 %) характерне для сівалки Horsch Maestro 24 SW AHL, а використання Horsch Maestro 24 SX Liquid (нова) зменшує дрейф пилу на 25 % і становить 0,92 %.

Різний характер має розподіл прямого дрейфу пилу МП. У сівалці Horsch Maestro 24 SW AHL він характеризується зменшенням МП в напрямку віддалення від робочого проходу, але рівень його на відстані 4 м значний. Для Horsch Maestro 24 SX Liquid (нова) концентрація на відстані 4 м, що найменше в 1,5 раза нижче. Під час роботи Horsch Maestro 24 SW AHL присутні дещо більші розміри пилинок МП порівняно з Horsch Maestro 24 SX Liquid (нова).

Означені відмінності підтверджують вищу досконалість Horsch Maestro 24 SX Liquid (нова) щодо зменшення дрейфу пилу МП, завдяки збільшенню кількості вихідних отворів вентилятора (24 шт - на кожній посівній секції), які знижують інтенсивність повітряних потоків, та застосуванню висівних апаратів нового типу, що працюють на надлишковому тиску.

В ЄС обов'язковою умовою допуску на ринок та введення в експлуатацію пневматичних сівалок, з точки зору безпеки, є відповідність конструкції вимогам Директиви 2006/42/ЄС від 17.05. 2006 р. щодо машин та устаткування.

Україна, рухаючись в напрямку гармонізації законодавства та норм до вимог ЄС, затвердила Технічний регламент безпеки машин (надалі ТР) [5] - повний аналог європейської директиви 2006/42/ЄС.

У ТР є окремий додаток 2 в якому встановлено додаткові суттєві вимоги щодо небезпек та охорони здоров'я стосовно обмеження можливого дрейфу пилу протруйника. Конкретних вимог, які визначають кількісне обмеження викидів пилу під час висіву протравленого насіння в ньому не встановлено.

Перші результати досліджень опубліковані у світовій науковій літературі датуються 2008-2009 роками і за останні десятиліття їхня кількість зростає. Вони містять неоднозначну інформацію щодо впливу пилу протруйника на навколишнє середовище, але обсяги цих досліджень зростають і питання ставиться все гостріше [6]. Пропонуються різноманітні заходи щодо їх зменшення і це є світовим трендом (як в частині вимог до якості протравлення так і вимог до технічних засобів посіву). Основними факторами, що впливають на ризик заносу пилу, є якість обробки насіння, технологія сівби та умови екології [7]. За результатами ідентифікації та оцінки ризиків встановлено, що найбільший ризик від якості протруйника.

Водночас, у світі та Україні прийнятий міжнародний стандарт ДСТУ EN ISO 17962:2019 [8], в якому наведені граничні значення дрейфу спеціального матеріалу, (не безпосередньо пилу протруйника). Ці значення ми використовували в оцінці сівалок Хорш в Україні.

Узагальнення наукових публікацій встановило, що найбільшу кількість викидів отримується під час висіву насіння кукурудзи, наприклад, кількість пилу становила від 2 до 60 г на 80 000 ядер (кількість потрібно для посіву 1 га кукурудзи), із середнім вмістом пилу 3,6 г і 4,9 г грубого пилу. Грубий пил містив переважно більші розміри рослинні частинки (смоли), зламані з обробленого насіння кукурудзи. Водночас, насіння інших культур, таких як цукровий буряк, озимий ріпак та соняшник містить дуже малу кількість пилу відповідно 0,035 г/га. Основні етапи польових випробувань вирішено проводити на посівах кукурудзи в с. Черняхівка та с. Велика Вулига Вінницької обл.

Відмічається складність процесу дрейфу протруйника на який впливає багато факторів. Застосовуються різні методи проведення експериментів, як відбору проб так і їх аналізу [9]. Усі пристрої для відбору проб забезпечували кількісне визначення залишків з розумними варіаціями.

Викиди МП та дрейф пилу визначались за спеціально розробленою оригінальною методикою, яка базується на застосуванні фотоколориметричного методу аналізу та порівнянні інтенсивності забарвлень розчинів різних концентрації - оптичної густини.

Не встановлено наявності нормативних документів (в країнах світу та Україні) щодо чіткого обмеження рівня дрейфу протруйника під час використання пневматичних сівалок. Декларуються та рекомендуються на рівні окремих країн деякі обмеження і навіть заборони щодо використання окремих видів інсектицидів під час протруєння, рекомендації щодо умов за яких проводиться сівба побажання та перевірка якості нанесення протруйника і т. д. зокрема у ФРГ (рис. 4) є рекомендовані норми щодо обмеження дрейфу пестицидів (їхніх придонних відкладень на поверхні), які в польовому варіанті використання машин на відстані 1 м від робочого

проходу не повинні перевищувати 2,77 % від норми внесення (наведене значення 90-го проценту від фактичних значень). Результати проведених випробувань підтвердили відповідність обох сівалок і цих норм.

Tabelle der Abdrifteckwerte für Einfachanwendungen Bodensedimente in % der Aufwandmenge berechnet auf Basis der 90. Perzentile Auszug aus Bundesanzeiger (Stand: 27. März 2006) Таблиця основних значень дрейфу для простих застосувань Придонні відкладення у% від норми внесення, розраховані на основі 90-го процентилу Витяг із Федеральної газети (станом на 27 березня 2006 р.)										
Abstand відстань [m]	Ackerbau Сільське господарств о	Obstbau плодівництво		Weinbau винограда рство,.,	Hopfenbau хмелярств о	Flächenkulturen Площа посівів	Gemüse, Zierpflanzen, Beerenobst (tragbare Spritz- und Sprühgeräte) "Овочі, декоративні рослини, ягоди (переносне розпилювальне обладнання)			Gleisanlagen "Копійні системи
		früh рано	spät пізно			> 900 l/ha	Höhe < 50 cm	Höhe < 50 cm mit Spritzschirm	Höhe > 50 cm	
1	2,77					4,44	2,77	0,04		
3		29,20	15,73	8,02	19,33			0,011 (bei 2,5 m)	8,02	0,019
5	0,57	19,89	8,41	3,62	11,57	0,18	0,57	0,01	3,62	0,014
10	0,29	11,81	3,60	1,23	5,77	0,05	0,29		1,23	0,010
15	0,20	5,55	1,81	0,65	3,84	0,02	0,20		0,65	0,008
20	0,15	2,77	1,09	0,42	1,79	0,012	0,15		0,42	0,007
30	0,10	1,04	0,54	0,22	0,66	0,005	0,10		0,22	0,006
40	0,07	0,52	0,32	0,14	0,25	0,003	0,07		0,14	
50	0,06	0,30	0,22	0,10	0,13	0,002	0,06		0,10	0,004

Рисунок 4 – Рекомендовані обмеження дрейфу пестицидів прийняті в ФРН

Отже дрейф пилу протруйника під час висіву насіння просапних культур пневматичними сівалками є новим напрямком наукових досліджень останні десяти років.

#### Висновки. / Conclusions.

Оцінка ризиків дрейфу пилу МП свідчить, що робота сівалки в польових умовах є фінішним етапом можливого дрейфу пилу МП, через сівалку трансформуються всі інші види небезпек, але застосування сівалок не дає змоги повністю виключити ризики дрейфу МП, якщо їхній рівень не виключено в інших факторах пов'язаних з якістю протравлення насіння та природно-кліматичних умов експлуатації сівалок.

Результати випробувань підтвердили високий технічний рівень сівалок Maestro 24 щодо мінімізації дрейфу пилу МП під час висіву протравленого насіння просапних культур. В умовах проведення випробувань дрейф пилу МП з насіння кукурудзи (найбільш небезпечний вид насіння) перебував у межах 0,92 – 1,26 % від загального обсягу МП на насінні, що висівалося. Дрейф пилу МП не перевищує означені в ДСТУ ISO 17962 нормовані значення не більше 1,5 %.

Застосування сівалки Horsch Maestro 24 SX Liquid (нова) додатково на 25 % зменшує викиди пилу порівняно з Horsch Maestro 24 SW AHL.

Коректний вибір моделі сівалки та її оснащення додатковим обладнанням може лише мінімізує викиди МП, а дотримання умов експлуатації контролює і суттєво зменшує дрейф пилу МП.

## Література

1. Малиновський Б. Детективна історія про мертвих бджіл. Бджолярі винуватять у загибелі пасік агрофірми, але винна "колорадська" отрута. URL: <https://texty.org.ua> (2020).
2. ДСТУ EN ISO 12100:2016 Безпечність машин. Загальні принципи проектування. Оцінювання ризиків та зменшення ризиків (EN ISO 12100:2010, IDT; ISO 12100:2010, IDT).
3. ISO 14121-1:2007 Safety of machinery - Risk assessment - Part 1: Principles.
4. ISO/TR 14121-2:2012 Safety of machinery - Risk assessment - Part 2: Practical guidance and examples of methods (NEQ).
5. Постанова КМУ № 62 «Про затвердження Технічного регламенту безпеки машин» від 30 січня 2013 р.
6. Schnier H. F, Wenig G, Laubert F, Simon V and Schmuck R, Honey bee safety of imidacloprid corn seed treatment. Bull Insectol 56:73–75 (2003).
7. Nikolakis A, Chapple A, Friessleben R, Neumann P, Schad T, Schmuck R, et al, An effective risk management approach to prevent bee damage due to the emission of abraded seed treatment particles during sowing of seeds treated with bee toxic insecticides. Julius-K.uhn-Arch 423:132–148 (2009).
8. ДСТУ EN ISO 17962:2019 Сільськогосподарські машини. Устаткування для сівби. Мінімізація впливу на довкілля витяжного вентилятора з пневматичної системи (EN ISO 17962:2015, IDT; ISO 17962:2015, IDT).
9. Holmes N. S. and Morawska L, A review of dispersion modelling and its application to the dispersion of particles: an overview of different dispersion models available. Atmos Environ 40:5902–5928 (2006).



## МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ДРЕЙФУ ПИЛУ ПРОТРАВНИКА НАСІННЯ ПІД ЧАС ВИСІВУ ПНЕВМАТИЧНИМИ СІВАЛКАМИ

Гусар І., e-mail: [gusaririna19@gmail.com](mailto:gusaririna19@gmail.com),

УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого,

Жиган С., e-mail: [s.zigan@kemel.ua](mailto:s.zigan@kemel.ua),

ТОВ « Кернел »

Погорілий В., e-mail: [pogoriliy@ukr.net](mailto:pogoriliy@ukr.net),

Клочай О., e-mail: [oksana.gants@gmail.com](mailto:oksana.gants@gmail.com)

УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

**Вступ. / Introduction.** Обробка насіння пестицидами для боротьби зі шкідниками є широко розповсюдженою практикою. Але були виявлені докази того, що під час сівби протравленого насіння утворюється пил, який містить дуже високий рівень матеріалів протруйника (МП) і може переміститися за межі полів, де висіє насіння. Дослідники заявили, що отруту виявили у ґрунті та у пилку, зібраному бджолами [1], багато досліджень підтвердили летальний ефект у різноманітних комах та бджіл під час сівби обробленого насіння [2,3].

В Україні, в Науковому токсикологічному центрі ім. Л. І. Медведя повідомили, що дослідження загиблих бджіл виявило незвичайну причину – бджоли почали гинути ще ранньої весни під час посіву протруєного насіння. Внаслідок сухої і вітряної погоди дрейф матеріалів протравника розносився на значні відстані [4]. В наукових джерелах досліджується вплив дрейфу протравника на життєдіяльність корисних комах (бджіл) [2,3], екологічні асоціації вимагають заборонити шкідливі види хімічних речовин та зменшити дрейф пилу, державні органи приймають рекомендаційні норми щодо його обмеження, провідні виробники сівалок точного висіву пропонують різні технічні рішення щодо зниження дрейфу.

Питанню визначення дрейфу пилу МП в польових умовах за останні десятиліття в світовій практиці приділяється досить багато уваги. Кількість досліджень цього питання постійно зростає. Дослідженнями відмічається складність відбору дрейфувального пилу, на який впливають різноманітні фактори, а саме: умови навколишнього середовища (вологість ґрунту, швидкість та напрям вітру, відносна вологість повітря, тощо), якість обробки насіння та конструктивні особливості сівалок.

Нормування викидів дрейфувального пилу засобів захисту насіння в Україні можна визначати та контролювати згідно з ДСТУ EN ISO 17962:2017[5]. У цьому міжнародному стандарті пропоновані різні підходи з оцінки впливу на довкілля вентиляційних вихлопних систем пневматичних сівалок, які використовуються в сільському господарстві для сівби протравленого насіння. Але в цьому стандарті зазначений трудомісткий та вартісний метод визначення дрейфувального пилу протруйника опроміненням його спеціальним лабораторним обладнанням та флуоресцентним опроміненням протягом 3,5 годин.

Тому в лабораторії наукових досліджень фізико-хімічних характеристик якості сільськогосподарської продукції ДНУ УкрНДПВТ ім. Л.Погорілого для відбору проб та їхнього аналізу, використовувались нові методичні підходи вимірювання викидів дрейфувального пилу засобів захисту насіння у навколишнє середовище. У дослідженнях використовувався розроблений новий метод визначення концентрації барвника, (який прямо корелюється з кількістю протруйника), за допомогою фотоколометричного методу.

**Мета роботи./ Aim.** Розробити методичні підходи визначення процесу викидів дрейфувального пилу засобів захисту насіння у навколишнє середовище пневматичними сівалками в польових умовах.

**Матеріали та методи. / Materials and methods.** У розробці методики використовувались методи прямих вимірювань в польових експериментах, аналітичні методи обробки та кількісне оцінювання результатів вимірювання в лабораторних умовах.

Викиди матеріалу протравника (МП) та дрейф пилу визначались за спеціально розробленою методикою, яка базується на застосуванні фотоколометричного методу аналізу та порівнянні інтенсивності забарвлень розчинів різних концентрації - оптичної густини (D). Під час вимірювання оптичної густини використовувався фотометр фотоелектричний КФК-3, зав № 9109981, свідоцтво про калібрування: K50PR37208318.

Матеріали протруйника - це маса речовин, які входять до складу суміші, що використовувалась під час протравлення насіння. До складу МП входять: пестициди, клей, фарба тощо .

Викиди МП – це частинки та пил МП, які відділились від насіння в процесі його завантаження, транспортування з центрального бункера до висівних апаратів. МП разом з відпрацьованим повітрям викинуті в навколишнє середовище та осіли на поверхні ґрунту в зоні розміщення сівалки.

Дрейф пилу МП – це частка МП, яка під час посіву відноситься повітряним потоком з посівної площі, що осідає на певну ділянку за нульовою позицією, поряд з робочим проходом сівалки.

Для фіксування викидів дрейфу МП, в ДСТУ EN ISO 17962:2017 запропоновано розміщення збиральних контейнерів, наприклад, чашки Петрі діаметром  $(150 \pm 15)$ мм.

Але під час проведення стаціонарних та польових досліджень нами було запропоновано фіксувати викиди дрейфу пилу МП в лотках розміром 50 x 50 см, що значно збільшує площу дослідів.

Схему розміщення лотків для фіксування дрейфувального пилу протруйника насіння представлено на рисунку 1.



**Рисунок 1** - Розміщення лотків на досліджуваній ділянці

Надалі залишки МП змивались фіксованим об'ємом води з поліетиленової плівки, що розміщувалась в лотках, визначалась оптична густина отриманого розчину.

Сто насінин повністю відмивались фіксованим об'ємом води від МП. В отриманому розчині визначалась оптична густина в діапазоні світлофільтра, за кольором досліджуваного розчину, а саме: в зоні максимального поглинання променів розчином 490-500нм. Результати досліджень представлено на (рис.2).



**Рисунок 2** – Отриманий розчин після відмивання 100 насінин для визначення оптичної густини.

**Результати і обговорення. / Results and discussion.** Апробація досліджень проводилась з використанням пневматичних сівалок Horsch Maestro 24 SW AHL, Horsch Maestro 24 SX Liquid (нова).

Викиди матеріалу протруйника (МП) та дрейф пилу, під час роботи пневматичних сівалок у польових умовах, фіксувався в лотках розміром 50 x 50 см.

Надалі МП визначались в лабораторних умовах за спеціально розробленою методикою, яка базується на фотоколориметричному методі.

В ході роботи визначалась вага сухих речовин МП, якими було оброблено 100 насінин, оптична густина розчину зі ста насінин. Надалі розраховувалось співвідношення маси сухої речовини МП відповідно до оптичної густини розчину (перевідний коефіцієнт). Результати досліджень наведені в таблиці 1.

**Таблиця 1** – Розрахунковий коефіцієнт співвідношення: оптична густина D/маса МП зі 100 штук насінин

Назва показника	Протруйник I	Протруйник II
Маса МП з 100 насінин, г	0,773	0,609
Оптична густина розчину, D	10,882	30,730
Коефіцієнт, г/D	0,071	0,019

Із застосуванням перевідного коефіцієнта встановлювалася масова частка викидів та дрейфу МП.

Відсоток викидів та дрейфу пилу визначено як - співвідношення розрахованої сухої речовини МП в лотках до загальної маси МП, яка розміщена на насінні, висіяному безпосередньо під час кожного експерименту.

Кількість насінин висіяних під час проходження сівалки біля облікової ділянки становить 5,05 шт/м x 6 м x 24 рядка = 606 шт. Результати досліджень наведено в таблиці 2.

**Таблиця 2 - Дрейф пилу під час польових досліджень**

Назва показника	Об'єкти досліджень		ДСТУ ISO 17962 :2017
	Сівалка Horsch Maestro 24 SW AHL	Сівалка Horsch Maestro 24 SX Liquid (нова)	
Кількість встановлених лотків, шт.	6x6= 36		
Площа лотків на обліковій ділянці, м <sup>2</sup>	9		Не менше 0,5
Площа облікової ділянки, S=L*В, м <sup>2</sup>	35,5		Не менше 30
Вага МП, що вкриває насіння під час руху сівалки біля облікової ділянки, г	5,619	4,427	
Вага дрейфу МП на лотках, г	0,018	0,010	
Загальна вага дрейфу МП на обліковій ділянці, г	0,071	0,041	
Прямий дрейф МП на обліковій ділянці, %	1,26	0,92	Не більше 1,5

Викиди МП та дрейф пилу визначались за спеціально розробленою методикою, яка базується на застосуванні фотоколометричного методу аналізу та порівнянні.

За результатами досліджень, дрейф пилу матеріалів протруйника з насіння перебував у межах 0,92-1,26 % від загального обсягу МП на насінні, яке висівалось. Цей показник не перевищує норми, зазначеної в ДСТУ ISO 17962-17, нормовані значення – не більше 1,5 %.

Під час проведення досліджень використовуються досить різноманітні методи як відбору проб, так і їх аналізу. Наприклад: Basaran M. зі співавторами застосовували різні пристрої для 3D-перехоплення дрейфувального пилу МП, а саме: жива огорожа (гілки дерев, прикріплені до конструкції і змочені гліцерином / водою), прикріплена марлева сітка до конструкції та змочена гліцерином / водою. Усі пристрої для відбору проб забезпечують кількісне визначення залишків МП з різними варіантами відбору проб [6].

Greatti M. та співавтори досліджували викиди та дрейф пестицидів під час посіву обробленого насіння кукурудзи. Для того, щоб виявити забрудненість повітря, паперові фільтри були розміщені в повітрі, над і під вентилятором, крім того були взяті зразки трави та квітів, після проходження сівалки за межами дослідної ділянки. Залишки протравника були знайдені і на паперових фільтрах і в зразках трави та квітів. Було встановлено, що кількість протравника, зросло зі збільшенням часу роботи сівалки. Вони виміряли викид від вентилятора в діапазоні від 120 до 240 мкг imidacloprid на паперовому фільтрі протягом періоду 240 с. Результати підтверджують, що забруднюються і повітря, і зразки трави та квітів. Залишки пестициду на рослинах були знайдені навіть після чотирьох днів сівби [7,8].

Опубліковано великий огляд моделей вимірювання пиловіднесення. Вони включають моделі коробок, моделі гауссового шлейфу, моделі Лагранжа, ейлерівські моделі, моделі обчислювальної динаміки рідини (CFD), які включають аерозольну динаміку. Але жодна з моделей не дає змоги достовірно спрогнозувати обсяг дрейфу в конкретних природно-кліматичних умовах, хоча загалом може характеризувати тренди [9,10].

За цією проблемою було розглянуто біля 150 джерел, які висвітлюють проблему забруднення навколишнього середовища залишками пестицидів, яка на сьогодні є вкрай важливою для суспільства.

### **Висновки / Conclusions.**

1. Були розроблені нові методичні підходи для відбору проб викидів дрейфувального пилу матеріалів протруйника в польових умовах та лабораторного дослідження зразків. Використовувався розроблений новий метод визначення концентрації барвника, (який прямо корелюється з кількістю протруйника), за допомогою фотоколометричного методу. Було встановлено та розраховано співвідношення маси сухої речовини МП відповідно до оптичної густини розчину (перевідний коефіцієнт), що дало змогу розрахувати кількість дрейфувального пилу МП під час роботи пневматичних сівалок.

2. Практична цінність розроблених методичних підходів визначення дрейфу пилу протравника насіння під час висіву пневматичними сівалками більш доступна, порівняно з методом зазначеним в ДСТУ EN ISO 17962:2017, який є трудомісткий та вартісний, потребує спеціального лабораторного обладнання та флуоресцентного індикативного порошку.

3. Експерименти з досліджень польового дрейфу пилу за різними методиками визначення не можна безпосередньо порівняти, але отримані результати кількісно визначили дрейф пилу МП, які знаходяться в межах

відтворюваності результатів дослідів та відповідають нормам стандарту ДСТУ EN ISO 17962:201.

Методичні підходи визначення дрейфу пилу протруйника насіння фотоколориметричним методом, який був розроблений у лабораторії, також отримали достовірні результати.

### Література

1. Krupke C. H., Hunt G. J., Eitzer B. D., Andino G and Given K, Multiple The routes of pesticide exposure for honey bees living near agricultural fields. PLoS ONE 7:e29268 (2012).
2. Girolami V, Marzaro M, Vivan L, Mazzon L, Greatti M, Giorio C, et al, Fatal powdering of bees in flight with particulates of neonicotinoids seed coating and humidity implication. J Appl Entomol 136:17–26 (2012).
3. Lee SJ, Mehler L, Beckman J, Diebolt-Brown B, Prado J, Lackovic M, et al, Acute pesticide illnesses associated with off-target pesticide drift from agricultural applications: 11 States, 1998–2006. Environ Hlth Perspect 119:1162–1169 (2011).
4. Загибель бджіл в Україні: нові докази отруєння від 12 травня 2020 року: <https://ru..agroday.com.ua> .
5. ДСТУ EN ISO 17962:2017 Сільськогосподарські машини. Устаткування для сівби. Мінімізація впливу на довкілля витяжного вентилятора з пневматичної системи.
6. Basaran M, Erpul G, Ozcan AU, Bogman P, Cornelis WM and Gabriels D, Effect of attachment configuration on the trapping efficiency of vaseline-coated slide catchers for windblown particles. Environ Earth Sci 61:1375–1384 (2010).
7. Greatti M, Barbattini R, Stravisi A, Sabatini AG and Rossi S, Presence of the a.i. imidacloprid on vegetation near corn fields sown with Gaucho $\square$  dressed seeds. Bull Insectol 59:99–103 (2006).
8. Greatti M, Sabatini AG, Barbattini R, Rossi S and Stravisi A, Risk of environmental contamination by the active ingredient imidacloprid used for corn seed dressing. Preliminary results. Bull Insectol 56:69–72 (2003).
9. Holmes N. S. and Morawska L, A review of dispersion modelling and its application to the dispersion of particles: an overview of different dispersion models available. Atmos Environ 40:5902–5928 (2006).
10. Wang J, Hiscox A. L., Miller D. R., Meyer T. H. and Sammis T. W., A dynamic Lagrangian, field-scale model of dust dispersion from agriculture tilling operations. Trans ASABE 51:1763–1774 (2008).

## ЕКСПЛУАТАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ОЦІНКА СІВАЛКИ ДРІБНОНАСІННИХ КУЛЬТУР СДК – 11С – 2К

**Тарасенко В.**, д-р.техн. наук, проф.,

ел. пошта: <http://www.tsatu.edu.ua/sgm/>,

**Матковський О.**, канд. техн. наук,

**Головльов В.**,

Таврійський державний агротехнологічний університет ім. Дмитра Моторного

**Вступ. / Introduction.** Серед технологічних операцій вирощування продукції рослинництва сівба має визначальне значення, тому що після неї починається розвиток рослини. Вона впливає на витрати посівного матеріалу, урожайність, затрати праці, енергетичних ресурсів та остаточно на собівартість отриманої продукції. Площі живлення визначається способом сівби, що припадає на одну рослину, і тому мають різний вплив на її розвиток. Від схеми сівби рослин залежать можливості максимального використання всебічної механізації під час догляду за ними та збирання урожаю. Значну увагу приділяють сівбі дрібнонасінних овочевих культур: коріандру моркви, цибулі, редиски, кропу, петрушки, шпинату та ін.[1, 2,3,4], оскільки вона вирішальна.

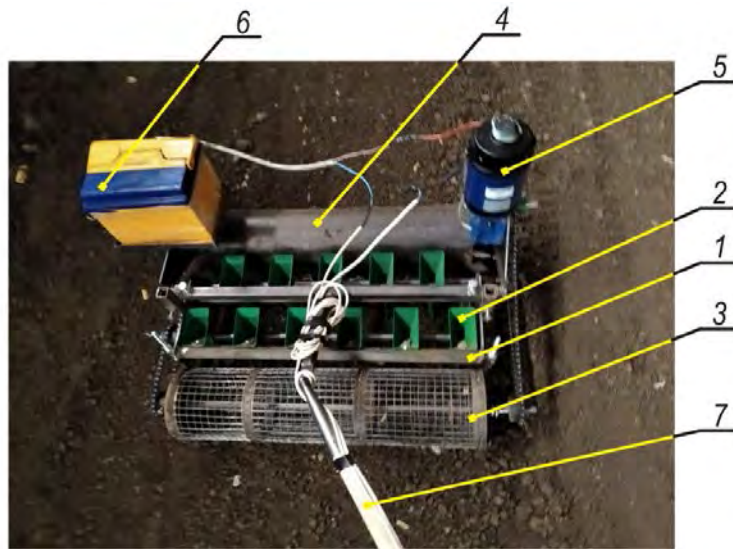
**Мета роботи. / Aim.** Провести експлуатаційно-технологічне оцінювання роботи експериментального зразка самохідної сівалки дрібнонасінних культур СДК – 11 С – 2К виробництва науково-виробничої компанії "РОСТА".

### **Матеріали і методи. / Materials and methods.**

Сівалки дрібнонасінних культур (СДК), які виробляє НВК "РОСТА" [5], призначені для сівби насіння овочевих культур. Під час сівби вона рухається завдяки зусиллям, які надає робітник рухаючись ззаду за її ходом. Такі умови призводять до додаткового ущільнення ґрунту робітником і змінюють глибину закладання насіння у місцях контакту з ґрунтом його взуття. Усунення цього недоліку зроблена на базі сівалки СДК самохідна СДК – 11С – 2К, маючи рушій у вигляді сітчастого барабана, який має власний електричний привід.

Сівалка СДК – 11С – 2К призначена для рядкового посіву дрібнонасінних овочевих культур в теплицях, парниках та відкритому ґрунті. Загальний вигляд сівалки наведено на рисунку 1.





1 – рама; 2 – висівні секції з висівними апаратами; 3 – решітчастий каток;  
 4 – каток із зачепами; 5 – мотор-редуктор; 6 – акумуляторна батарея;  
 7 – рукоятка з механізмом керування електроприводом

**Рисунок 1** – Сівалка дрібнонасінних культур СДК – 11 С – 2К

Сівалка складається з рами, на якій розташовано два ряди висівних секцій. Висівні апарати відповідають вимогам ТУ У30952138-001-2004, мають висівну котушку з комірками і встановлені на окремих валах. Висівні секції сівалки СДК – 11 С – 2К зафіксовані на рамі з інтервалом між висівними апаратами, які дорівнюють 6 см (ширина міжряддя). Ширина захвату сівалки дорівнює 60 см.

На рамі спереду за ходом сівалки встановлено решітчастий каток, а ззаду циліндричний каток із зачепами, який виконує функцію рушія.

Сівалка має електропривод, який складається з електричного двигуна 110ZYT57/71B14 (потужність –200 Вт, оберти 1800 об/хв.), мотор-редуктора SMW 040 (передатне відношення редуктора 1:50, крутний момент 42 Нм,), живлення якого відбувається від акумуляторної батареї 6СТ 65 А·год.

Норма висіву регулюється заміною зірочок з 22-26 зубами ланцюга привода, які постачає завод-виробник разом із сівалкою.

Висівні апарати сівалки заводської комплектації мають комірки діаметром 4 мм. Для насіння, яке потребує для розміщення в комірці більший еквівалентний діаметр, заводом пропонуються котушки під різні розміри насіння.

**Результати та обговорення. / Results and discussion.** Експлуатаційно-технологічне оцінювання роботи сівалки проводили в ґрунтовому каналі НВК "РОСТА". Показники умов вимірювань експлуатаційно-технологічних параметрів сівалки СДК – 11 С – 2К наведені в таблиці 1.

**Таблиця 1 – Значення показників умов випробувань сівалки СДК – 11 С – 2К з надання експлуатаційно-технологічної оцінювання**

Показник	Значення показника за даними випробувань
<b>Умови</b>	
Насіння	насіння дрібнонасінних овочевих культур (випробування проводились без висіву насіння)
Тип ґрунту та назва за механічним складом	темно-каштановий слабо солонцюватий чорнозем
Рель'єф	рівний
Вологість ґрунту в горизонті 0 -5 см., %	9,2
Твердість в горизонті 0 -5 см., МПа	1,11
Щільність ґрунту в горизонті 0 -10 см., г/см <sup>3</sup>	1,02
<b>Режим роботи</b>	
Склад агрегата	самохідна сівалка СДК-11С - 2К з електроприводом
Швидкість руху, м/с	0,23
Тривалість роботи до повного використання ресурсу акумуляторної батареї, год.	7,3

Результати вимірювань експлуатаційно-технологічних параметрів (показників) сівалки СДК – 11 С – 2К наведені в таблиці 2.

**Таблиця 2 – Значення експлуатаційно-технологічних параметрів (показників) сівалки СДК – 11 С – 2К**

Параметри / показники	Позначення	Значення показника
<b>Показники призначення</b>		
3.1.1 Робоча швидкість руху, км/год.	v	0,83
3.1.2 Робоча ширина захвату, м	ш	0,6
3.1.3 Ширина міжрядь, см	b	6
<b>Інтервали часу, які вимірювались</b>		
Основна робота (робочий хід), год.	T <sub>1</sub>	0,5
Повороти, год.	T <sub>2</sub>	0,11
Технологічне обслуговування, год.	T <sub>3</sub>	0,06
Технологічні відмови, год.	T <sub>4</sub>	0,07
Технічне обслуговування, год.	T <sub>5</sub>	0,05
Усунення технічних відмов, год.	T <sub>6</sub>	0,04
<b>Інтервали часу, які розраховані</b>		
Технологічний час зміни, год.	T <sub>техн</sub>	0,75
Час зміни, год.	T <sub>зм</sub>	0,8
Експлуатаційний час, год.	T <sub>ек</sub>	0,84

Параметри режиму роботи сівалки		
Швидкість руху, м/с	v	0,23
Довжина робочого гону, м	l	15
Глибина ходу робочих органів, м	s	0,015
Об'ємно-вагові параметри		
Наробіток машини, га	B	0,025
Витрати електроенергії, Вт	G	200
Розмір обробленої площі, га	S	0,025
Конструкційні параметри		
Радіус повороту, м	R	0,8
Ширина смуги повороту, м	w	0,8
<b>Примітка.</b> Наведені дані отримані за 1 годину роботи сівалки		

Статистичні характеристики часу  $T_1$ , який витрачено на робочий хід сівалки наведена в таблиці 3.

**Таблиця 3** – Статистичні характеристики часу  $T_1$  роботи сівалки

Показник	Позначення	Значення
Середнє значення часу одного робочого ходу для вибірки 28 спостережень, с.	t	65,0
Коефіцієнт варіації часу одного робочого ходу, %	Кв	15,8

Коефіцієнт варіації часу  $K_v$  одного робочого ходу складає 15 %, що є достатнім для розрахунку експлуатаційно-технологічних показників. Проведено визначення експлуатаційно-технологічних показників.

Значення основних експлуатаційних показників розраховано за такими формулами:

- продуктивність роботи машини за 1 годину змінного часу:

$$W_{зм} = \frac{B}{T_{зм}}, \quad (1)$$

- продуктивність роботи машини за 1 годину експлуатаційного часу:

$$W_{ек} = \frac{B}{T_{ек}}, \quad (2)$$

де B – наробіток машини;

- питомі витрати електроенергії:

$$q = \frac{G}{B}, \quad (3)$$

де G – витрати електроенергії за 1 годину роботи сівалки.

За проведеними розрахунками отримані такі значення показників:

- продуктивність роботи машини за 1 годину змінного часу

$$W_{зм} = \frac{0,025}{0,75} = 0,033 \text{ га/год.};$$

– продуктивність роботи машини за 1 годину експлуатаційного часу

$$W_{ек} = \frac{0,025}{0,84} = 0,029 \text{ га/год.}$$

**Висновки. / Conclusions/.** За результатами заводських випробувань сівалки дрібнонасінних культур СДК – 11 С – 2К зроблено такі висновки:

1. Сівба самохідною сівалкою усуває ущільнення ґрунту і нерівномірність глибини посіву насіння від переміщення робітника за сівалкою.

2. Коефіцієнт варіації часу  $K_v$  одного робочого ходу складає 15,8%, що є достатнім для розрахунку експлуатаційно-технологічних показників.

3. Проведено визначення експлуатаційних показників продуктивності сівалки: за 1 годину змінного часу – 0,033 га/год.; за 1 годину експлуатаційного часу – 0,029 га/год.

4. Максимальне зусилля на рукоятці під час виконання повороту сівалки складає 86 Н.

### Література

1. Нова вітчизняна овочева сівалка./ В. Адамчук та ін. //Аграрний тиждень. Україна: електрон. версія жур. 10.04.2021 URL <https://a7d.com.ua/machines/34848-nova-vtchiznyana-ovocheva-svalka.html> (дата звернення: 30.08.2021).

2. Бакум М. В. Результати порівняльних польових досліджень способів сівби насіння овочевих культур / М. В. Бакум, Д. А. Ящук // Вісник ХНТУСГ. – Харків, 2013. – Вип. 135. – С. 374-379.

3. Бойко А. І. Функціонування сошника прямого посіву як відкритої технічної системи /А. І. Бойко, І. О. Лісовий, В. В. Тасенко // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. – Харків, 2008.– Вип. 75. – С. 256-258.

4. Іваненко І. Розроблення концептуальної схеми та обґрунтування складу елементної бази модуля сівби сидератів для ґрунтообробних знарядь. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: зб. наук. пр. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. Випуск 24 (38). – Дослідницьке, 2019. – С. 100-112. [http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987.-2019.-1-24\(38\)-9](http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987.-2019.-1-24(38)-9).

5. Сеялка мелкосемянных культур СМК-3. Науково-виробнича компанія "РОСТА": сайт URL: <http://www.rosta.ua/ru/smk-3.html>.

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТЯГОВОГО ЗУСИЛЛЯ ДИСКОВОЇ БОРОНИ GiaRDino

**Шустік Л.**, канд. техн. наук, e-mail: [shustik@ukr.net](mailto:shustik@ukr.net),

<https://orcid.org/0000-0003-2413-935X>

**Нілова Н.**, e-mail: [nilova-n@ukr.net](mailto:nilova-n@ukr.net),

<https://orcid.org/0000-0001-5514-2338>

**Гайдай Т.**, канд. техн. наук, [tanusha-h@ukr.net](mailto:tanusha-h@ukr.net),

<https://orcid.org/0000-0001-9141-4820>

**Степченко С.**, <https://orcid.org/0000-0003-2808-9644>

**Сидоренко С.**, e-mail : [silviya20@ukr.net](mailto:silviya20@ukr.net), <https://orcid.org/0000-0001-5046-117X>

**Лень О.**, e-mail: [kseniyakrukova@bigmir.net](mailto:kseniyakrukova@bigmir.net)

УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

**Вступ.** Обробіток ґрунту дисковими знаряддями це безполицевий обробіток ґрунту дисковими знаряддями, який забезпечує кришення, часткове перемішування ґрунту та знищення бур'янів.

Дискові знаряддя поділяють на важкі, які обробляють на глибину до 20 см та легкі, які обробляють до 10 см [1].

Сільськогосподарські знаряддя працюють в агрегативанні з енергозасобами, які поділяють на 17 класів тяги.

Трактори охоплюють всю техніку, починаючи з дрібних мотоблоків і закінчуючи тракторами рекордної потужності. Актуальні моделі машин для сільського господарства знаходяться в перших восьми класах, три класи відведені для мотоблоків і міні-тракторів. За останні роки з'явилися також потужні сільськогосподарські апарати 7 класу. Трактори залежно від призначення поділяють на 6 груп [2-7].

Зважаючи на великий діапазон пропонованих на ринку борін та енергозасобів, доцільно формувати з них для введення в експлуатацію в господарстві найбільш прийнятні в енергетичному та в забезпеченні якості роботи агрегати.

Правильний підбір для ґрунтообробного знаряддя відповідного трактора поряд з досягненнями якісних функційних показників забезпечить паливну ефективність, надійність і довговічність роботи МТА загалом.

Задача досліджень: визначення потужності трактора для міні борони з притаманними їй конструкційними параметрами

**Мета досліджень** – встановлення необхідної потужності трактора для агрегування міні борони із заданими параметрами.

**Методи і матеріали.** Потужність трактора визначається, як похідна тягового зусилля дискової борони GiaRDino, виробництва ТОВ «УкрАгроБліц» (рис. 1) на змінних режимах параметрами швидкості  $V_{\min}$ ,  $V_{\text{сер}}$ ,  $V_{\max}$  та двох рівнях глибини обробітку.

Місце для досліджень – науково-дослідна сівозміна УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого.

Оцінювання характеристик ґрунту на основі термостатно-вагового методу за загальноприйнятною методикою «різального кільця», за об'ємом циліндра  $100\text{см}^3$  [8].

Для визначення твердості за методологією і твердоміром Рев'якіна.

Фіксація тягове зусилля - динамометр циферблатний ДПУ-2-2-У2.

Статистичний аналіз експериментальних даних за методом дисперсійного аналізу за Доспеховим та інтерпретація стандартними комп'ютерними програмами Excel у вигляді графіків [9].

Технічні параметри: борона з діаметром зубчастого диска 56 см, товщиною диска 0,5см; тип диска – сферичний з вирізною крайкою; крок установки дисків в ряду – 32,5 см; відстань між рядами дисків – 78 см; кількість вирізів по твірній диска – 9 шт; кількість дисків – 8 шт; коток: ширина – 160 см; кількість планок по твірній котка – 8 шт; габаритні розміри: ширина – 188 см; довжина – 190 см; висота – 105 см; маса борони – 375 кг.



**Рисунок 1** - Загальний вигляд дискової борони GiaRDino

Диски борони з двома кутами установки розміщують на індивідуальних стійках; кути установки диска - повороту  $23^{\circ}$  та нахилу  $24^{\circ}$  сприяють підрізання скиби, її інтенсивному кришенню та відкиданню на коток; мала товщина диска, наявна на ньому вирізна крайка покращують перерізання рослинних решток і

інтенсивність проникнення в ґрунт; ребристий коток з кутиковими планками інтенсивно подрібнює грудки та доводить їхній фракційний склад до агротехнічних кондицій.

**Результати й обговорення.** Вимірювання тягового зусилля проводили на трьох швидкостях переміщення борони:  $V_{\min}=4$  км/год,  $V_{\text{сер}}=6$  км/год,  $V_{\max}=8$  км/год та двох рівнях фактичної глибини обробітку (7,2 та 11,9 см)

Одночасно фіксували умови роботи: тип та стан ґрунту (природноущільнена тривалими дощами весняна оранка) за вологістю в шарах: (0-5) см – 17,6 %, (5-10) см – 24,3 %, (10-15)см – 24,7% та твердістю – 0,46-1,8 МПа.

Фактично визначене тягове зусилля (рис.2) забезпечувало можливість одержання розрахункової потужності відповідно залежності:  $P = \frac{N}{13,6 \cdot V}$ , де N – тягове зусилля, т.с., V – швидкість агрегата, м/с.



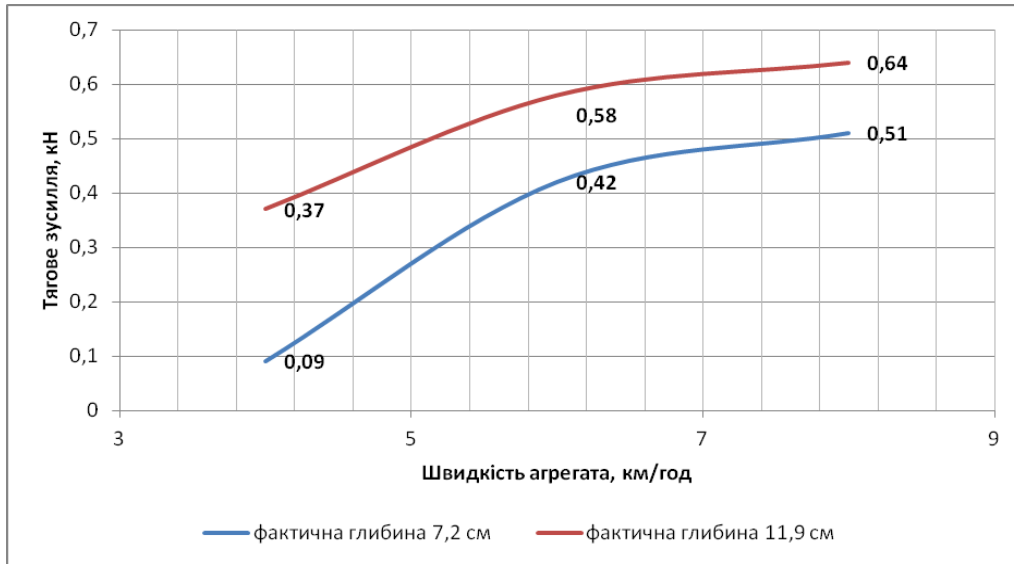
**Рисунок 2** - Проведення тягових випробувань дискової борони GiaRDino

Необхідна розрахункова потужність трактора залежно від тягового зусилля на різних швидкісних режимах представлена в таблиці 1.

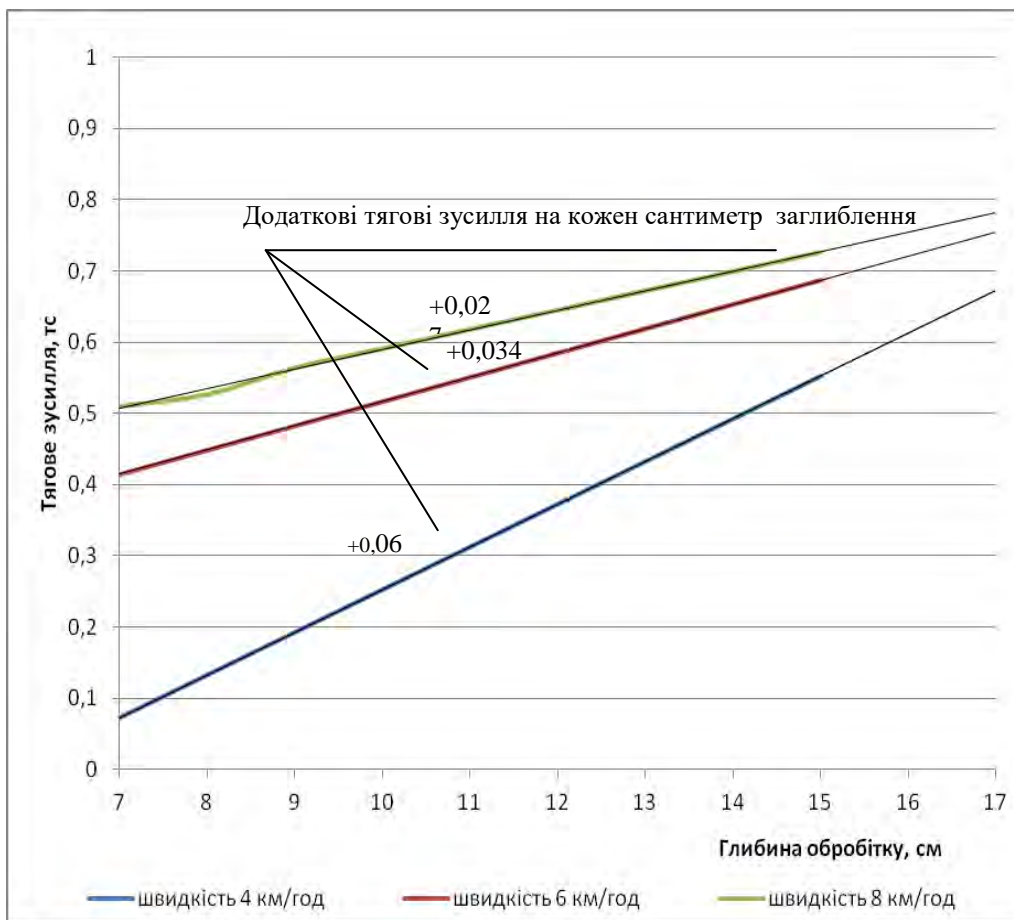
**Таблиця 1** - Розрахункова потужність трактора залежно від тягового зусилля на різних швидкісних режимах

Швидкість агрегата, км/год	Тягове зусилля, т. с/потужність, к. с.	
	при $h_{\text{факт}}=7,2$ см	при $h_{\text{факт}}=11,9$ см
4	0,09/1,32	0,37/5,43
6	0,42/9,26	0,58/12,84
8	0,51/15,1	0,64/18,94

За результатами досліджень отримали графічні залежності зміни тягового зусилля від швидкості агрегата на різних глибинах обробітку (рис. 3) та зміну тягового зусилля від глибини обробітку на різних швидкостях (рис. 4).



**Рисунок 3** - Залежність тягового зусилля від швидкості агрегата на різних глибинах обробітку



**Рисунок 4** - Залежність тягового зусилля від глибини обробітку на різних швидкостях

Аналіз графічних залежностей показує, що зі збільшенням швидкості руху агрегата тягове зусилля зростає. У відповідному швидкісному режимі кожен додатковий см глибини обробітку ґрунту вимагає приросту тягового зусилля на усереднений показник відповідно: 0,06 т. с. на швидкості руху агрегата  $V_{\min}=4$  км/год, 0,034 т. с. на швидкості руху агрегата  $V_{\text{ср}}=6$  км/год і 0,027 т. с. на швидкості руху



агрегата  $V_{\max}=8$  км/год. Загалом тягове зусилля борони в межах глибин її роботи від 7,2 см до 11,9 см змінюється від 0,09 т.с до 0,64 т.с, що вимагає потужності трактора до 18,9 к.с. З урахуванням додаткової необхідної потужності споживаної безпосередньо трактором (близько 5 к.с.) сумарна споживана потужність складає 24 к.с.

Зворотний перерахунок такої споживаної потужності в тягове зусилля свідчить, що кінцеве її значення для трактора має складати близько 0,85 т.с. Враховуючи емпіричні співвідношення тягово-масових характеристик ( $\approx 1:2$ ), маса трактора для використання цієї борони має бути не менше 1,6 тонни.

**Висновки.** Ефективне використання дискової борони для поверхневого обробітку на глибину до 12 см вимагає агрегування з трактором потужністю від 24 к.с. з його масою вдвічі більшою за максимальне тягове зусилля (від 1,6 т), за таких умов масові характеристики такого трактора є більш важливими ніж потужність.

### Література

1. Марченко В., Гузь М., Паар Й. (2019) Механізація та технології обробітку ґрунту. Практичний посібник. ТОВ «Аграр Медіен Україна». – Київ. – 200 с.
2. Електронний ресурс: <http://www.tsatu.edu.ua/tstt/wp-content/uploads/sites/6/pastushenko-2020.pdf>. Пастушенко С.І., Клендій М.Б., Клендій М.І. Дослідження тягового опору експериментального варіанту борони з гвинтовими робочими органами.
3. Prathuang Usaborisut, Watcharachan Sukcharoenvipharat, Sirisak Choedkiatphon. (2020) Tilling tests of rotary tiller and power harrow after subsoiling. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences.
4. Priporov E. V. and Priporov I. E. (2021). Justification of parameters of a four-row disk harrow using the experiment planning method. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Doi:10.1088/1755-1315/659/1/012013
5. Roberto Fanigliulo, Daniele Pochi and Pieranna Servadio. (2021). Conventional and Conservation Seedbed Preparation Systems for Wheat Planting in Silty-Clay Soil. Sustainability 2021, 13(11), 6506; <https://doi.org/10.3390/su13116506>
6. DLG TEST Report6110F. Kverneland. Qualidisc compact disc harrow. Power requirements and work quality. – 2013.
7. Електронний ресурс: <https://gardenunion.com.ua/klasifikacija-traktoriv-po-tjagovomu-i-ekologichnomu-klasu-01>. Класифікація тракторів по тяговому і екологічному класу. – 2020.
8. Качинський Н. А. (1947). О структуре почвы, некоторых ее свойствах и дифференциальной порозности. Почвоведение. – №6
9. Доспехов Б. А. (1985) Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М. Агропромиздат. – 351 с.

## СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ ПРИЧІПНІ МАШИНИ – R ЧИ S

Самойленко В. E-mail: [tractorna2@ukr.net](mailto:tractorna2@ukr.net)

Козярук Л. E-mail: [lkozyaruk@ukr.net](mailto:lkozyaruk@ukr.net)

УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

**Вступ. / Introduction.** Новий регламент ЄС 167/2013 [1] щодо затвердження типу та ринкового нагляду за сільськогосподарськими та лісогосподарськими транспортними засобами скасовує та заміняє дію Директиви ЄС 2003/37/ЄС [2] і розповсюджується та сільськогосподарські та лісогосподарські трактори, а також на причепи та змінне буксирувальне обладнання призначене для буксирування такими транспортними засобами. Згідно з Директивою 2003/37/ЄС, європейський сертифікат відповідності є обов'язковим тільки для тракторів категорій T1, T2 и T3, а Регламент ЄС 167/2013 дозволяє випускати сертифікати затвердження типу ЄС для всіх інших категорій транспортних засобів включених до цього Регламенту, зокрема категорій R та S.

В Україні діє Технічний Регламент затвердження типу сільськогосподарських та лісогосподарських тракторів, їхніх причепів і змінних причіпних машин, систем, складових частин та окремих технічних вузлів (затверджений Постановою КМУ від 28 грудня 2011 р. № 1367) [3]. Цей технічний регламент розроблений з урахуванням Директиви Європейського Парламенту та Ради ЄС від 26 травня 2003 р. № 2003/37/ЄС, яка в ЄС скасована та замінена Регламентом ЄС 167/2013.

**Мета роботи. / Aim.** Дослідження вимог та особливостей поділу на категорії сільськогосподарських причіпних транспортних засобів.

**Матеріали і методи. / Materials and methods.** Під час

Під час досліджень використовувався порівняльно-правовий метод систематизації та кластерного аналізу нормативних, нормативно-правових та законодавчих документів України, країн ЄС щодо класифікації причіпної сільськогосподарської техніки в розрізі категорій R та S.

**Результати і обговорення. / Results and discussion.**

В Європейському Союзі новий Регламент № 167/2013 набув чинності в 2014 році та обов'язковий до застосування з 2016 року і встановлює адміністративні і технічні вимоги для офіційного затвердження типу всіх нових транспортних засобів, систем, компонентів та окремих технічних елементів.

Крім того, передбачений перехідний період в 2 роки, щоб дати змогу виробникам адаптувати свою продукцію відповідно до нових вимог, яка почала

випускатися з 2016 року. Отже, всі трактори, розміщені на ринку з 1 січня 2018 року, повинні відповідати Регламенту 167/2013.

Водночас буксирувані транспортні засоби повинні мати схвалення типу відповідно до національних правил країни до 2020 року + кінцеві серії, але в такому випадку їхній термін дії буде обмеженим самою країною. З іншого боку, офіційне затвердження типу відповідно до Регламенту 167/2013 (добровільне застосування) буде діяти у всіх країнах ЄС.

Які ж транспортні засоби відносяться до категорій R та S.

**Категорія R Причіп** (рис. 1) - сільськогосподарський або лісогосподарський транспортний засіб, призначений переважно для буксирування трактором і застосований переважно для перевезення вантажів або перероблення матеріалу, а співвідношення його технічно допустимої максимальної маси з вантажем до спорядженої маси дорівнює або перевищує 3 (trailer: means any agricultural or forestry vehicle intended mainly to be towed by a tractor and intended mainly to carry loads or to process materials and where the ratio of the technically permissible maximum laden mass to the unladen mass of that vehicle is equal to or greater than 3,0)



Рисунок 1 – Зразки транспортних засобів категорії R

**Категорія S Змінна причіпна машина** (рис.2) - обладнання, що використовується в сільському або лісовому господарстві, призначається для буксирування трактором і змінює або доповнює його функції. До категорії змінних причіпних машин також належать напівпричіпні машини, частина вертикального навантаження яких передається на трактор. Причіпна машина може складатися з вантажної платформи для розміщення робочих знарядь, пристроїв та тимчасового зберігання вироблених або необхідних для роботи технологічних матеріалів. Обладнання, призначене для буксирування трактором і з'єднане з ним постійно або тимчасово (для переробки технологічних матеріалів), є змінною причіпною машиною, якщо співвідношення його технічно допустимої максимальної маси з вантажем до спорядженої маси становить менш як 3 (Interchangeable towed equipment: means any vehicle used in agriculture or forestry which is designed to be towed

by a tractor, changes or adds to its functions, permanently incorporates an implement or is designed to process materials, which may include a load platform designed and constructed to receive any tools and appliances needed for those purposes and to store temporarily any materials produced or needed during work and where the ratio of the technically permissible maximum laden mass to the unladen mass of that vehicle is less than 3.0).



**Рисунок 2 – Зразки транспортних засобів категорії S**

Через різну інтерпретацію визначень транспортних засобів R & S в державах-членах ЄС виробники стикаються з різними національними визначеннями цих категорій. Це означає, що один і той же транспортний засіб може бути віднесено до категорії R в одній країні і S в іншій. Проте країни ЄС повинні погоджуватися один з одним на схвалення типу ЄС.

Для багатьох виробників, які експортують свою продукцію, нові габаритні розміри не становлять особливої проблеми, тому що вони вже звикли будувати сільськогосподарські транспортні засоби завширшки до 2,55 м, наприклад, для Німеччини та Бельгії. Це стане новим максимальним виміром, узятим безпосередньо з правил вантажних перевезень. Відразу виникає важливе питання: чи стосується це також до шин? Для причепів категорії R, що використовуються для перевезення, як правило, з найбільшим зовнішнім розміром, включаючи шини (і відхилену частину шини), ширина становить 2,55 метра. Для категорії S все змінне буксирувальне обладнання повинно мати максимальну ширину 3,00 метра, виміряну до протектора шини. Наприклад, під це правило підпадають перегрібачі сіна. Однак є сіра зона: це правило буде означати, що максимальна зовнішня ширина причепа для силосу (використовуваного тільки для транспортування) становить 2,55 метра, включаючи шини, а максимальна ширина причепа-підбирача становить 3,00 метра, включаючи шини, тому що у нього також є функція завантаження. Однак також вказується, що в разі перевищення встановленої питомої маси вантажу транспортний засіб належить до категорії R.

Отже, порожній навантажувач або розкидач гною може мати ширину 3,00 метра, а повний - немає.

Це стосується основних вимог категорій R і S (більше 21 тонни, максимум 40 км / год), які важливі для нас. Проте регулювання включає аналогічні вимоги для сільськогосподарських транспортних засобів категорії R / S 1, 2 і 3 (більше 1500 кг, 1500-3500 кг і 3500-21000 кг відповідно).

Відносячи сільськогосподарські або лісогосподарські буксировані транспортні засоби до тієї чи іншої категорії, важливо зрозуміти що ж це за: технічно допустима маса з вантажем та споряджена маса (рис. 3).

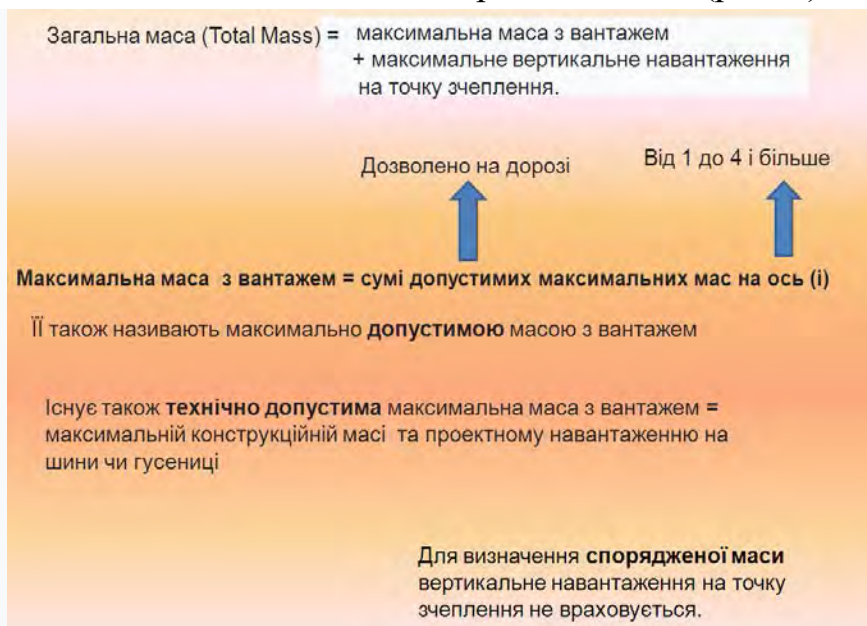


Рисунок 3 – Пояснення про визначення мас

Отже, для визначення співвідношення мас беруть технічно допустиму максимальну масу з вантажем (суму допустимих мас на осі) та споряджену масу.

Але відносячи транспортний засіб до категорії R чи S виникають свої особливості:

- що робити з транспортним засобом, який виконує особливу функцію, крім перевезення вантажів, але відношення маси повністю навантаженого транспортного засобу до маси того ж транспортного засобу в порожньому стані більше 3?
- або: як ви повинні класифікувати транспортний засіб, основна функція якого - транспортування товарів, але його коефіцієнт менше 3, і він також має інші функції (наприклад, отримання продуктів з поля, роздача рідин тощо).

СЕМА (європейська асоціація малих та середніх виробників в галузі сільськогосподарського машинобудування) у 2019 році представила каталог

сільськогосподарської техніки з рекомендаціями щодо категоризації транспортних засобів R та S.

За рекомендацією СЕМА такі машини слід відносити до тієї чи іншої категорії, окрім інших вимог, відповідно до таких критеріїв (рис. 4). [5]:

- причіпний транспортний засіб не пересувається по дорогам в завантаженому стані – категорія S ;
- причіпний транспортний засіб співвідношення мас  $< 3$ , але дозволено пересуватись по дорогам в завантаженому стані – категорія R.

Manufacturer: Fliegl Agrartechnik GmbH.  
 Type: VFW 8.600 EA  
 Designation: SINGLE AXLE TANKER TRAILER with Disc Cutter Appliance  
 Vehicle category: R



Road transport



Work in field

Transport length	8.300	mm	Total mass	12.500	kg
Transport height	3.600	mm	Unladen mass	3.620	kg
Transport width	3.000	mm	Max. laden mass	10.000	kg
Working width	8.000	mm	Max. vertical load on the coupling point	2.500	kg

$$r_{mass} (\text{max laden mass} / \text{unladen mass}) = 2.76$$

а) категорія R

Manufacturer: Joskin.  
 Type: Cobra 13000  
 Designation: SINGLE AXLE TANKER TRAILER with injector 6 m  
 Vehicle category: S (no laden road transport)



Road transport



Work in field

Transport length	9.200	mm	Total mass	14.000	kg
Transport height	3.800	mm	Unladen mass	8.200	kg
Transport width	3.000	mm	Max. laden mass	10.000	kg
Working width	6.000	mm	Max. vertical load on the coupling point	4.000	kg

$$r_{mass} (\text{max laden mass} / \text{unladen mass}) = 1.21$$

б) категорія S

Рисунок 4 – Сільськогосподарські транспортні засоби категорій R та S

Для запобігання ненавмисному або несанкціонованому використанню транспортних засобів категорії S і змінному буксируваному обладнанню, що потрапляють в категорію R через співвідношення технічно допустимої максимальної маси в навантаженому стані по відношенню до спорядженої маси не менше 3,0 повинен бути встановлений щонайменше один із таких пристроїв [6]:

- ✓ кришка, яка блокується над зчіпним пристроєм
- ✓ ланцюг на зчіпному пристрої;
- ✓ блокувальна система коліс (маса більше 3500 кг, розрахункова швидкість 60 км/год і більше);
- ✓ навісний замок у отворі в секторі стоянкового гальма.

Виробник повинен вказати в настанові з експлуатування інформацію щодо використання таких пристроїв на цих транспортних засобах.

### **Висновки. / Conclusions.**

Представлені в роботі результати досліджень вимог та особливостей поділу на категорії сільськогосподарських причіпних свідчать про різну інтерпретацію визначень транспортних засобів R & S в державах-членах ЄС. Це означає, що один і той же транспортний засіб може бути віднесено до категорії R в одній країні і S в іншій.

У країнах ЄС є кілька варіантів допуску цих транспортних засобів на ринок, зокрема, національне затвердження та затвердження типу ЄС.

Зараз в Україні розроблено проект Технічного регламенту щодо затвердження типу і нагляду за ринком сільськогосподарських та лісогосподарських транспортних засобів на основі Regulation (EU) № 167/2013. Прийняття та впровадження цього технічного регламенту в Україні лише питання часу.

Упроваджуючи в Україні технічний регламент розроблений на основі Регламенту 167/2013, доцільно врахувати досвід країн-членів ЄС під час допуску цих машин на ринок та участі в дорожньому русі як на національному рівні, так і на рівні ЄС.

### **Література**

1. Regulation (EU) № 167/2013 of the European Parliament and of the Council of 5 February 2013 on the approval and market surveillance of agricultural and forestry vehicles. URL: <http://eur-lex.europa.eu>

2. Directive 2003/37/EC of the European Parliament and of the Council of 26 May 2003 on type-approval of agricultural or forestry tractors, their trailers and interchangeable towed machinery, together with their systems, components and separate technical units and repealing Directive 74/150/EEC. URL: <http://eur-lex.europa.eu>.

3. Постанова Кабінету Міністрів України від 28 грудня 2011 року № 1367 Про затвердження Технічного регламенту затвердження типу сільськогосподарських та лісогосподарських тракторів, їх причепів і змінних причіпних машин, систем, складових частин та окремих технічних вузлів. URL: <http://zakon.rada.gov.ua>.

4. ECE/TRANS/WP.29/78/Rev.6 от 1 July 2017 Сводная резолюция о конструкции транспортных средств (CP.3) URL: <https://unece.org>.

5. Examples of vehicle categorization R: trailers and S: interchangeable towed equipment Agricultural vehicle categories under 167/2013 (for EU Type Approval) Version March 2019. URL: <https://www.cema-agri.org>.

6. C(2014) 9198 final ANNEXES to the Commission Delegated Regulation (EU) supplementing Regulation (EU) No 167/2013 of the European Parliament and of the Council with regard to vehicle functional safety requirements for the approval of agricultural and forestry vehicles. URL: <https://www.europarl.europa.eu>.



## ПЕРСПЕКТИВНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ КОМБАЙНОВОГО ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

**Смолінський С.**, канд. техн. наук, доцент  
ел. пошта: s\_smolinskyu@ukr.net  
НУБіП України

**Вступ.** Останніми роками все ширшого застосування у аграрній сфері набувають такі технічні засоби як безпілотні літальні апарати (БПЛА), причепперевантажувачі тощо [1, 2, 3, 4, 5]. Внаслідок їхнього застосування підвищується ефективність вирощування і збирання сільськогосподарських культур та рентабельність аграрної сфери загалом.

**Мета роботи** – обґрунтувати застосування під час комбайнового збирання зернових культур сучасних технічних засобів.

**Результати та обговорення.** На основі проведеного аналізу апріорної інформації, сучасного стану і новітніх технологій та технічних рішень в аграрній сфері доведена доцільність під час комбайнового збирання зернових культур використання комплексу, який складається із основних модулів: збиральний - ЗМ (зернозбиральний комбайн); інформаційний - ІМ (БПЛА + робоче місце технолога + бортові системи машин); транспортний - ТМ (причепперевантажувачі, автопоїзди, вантажні автомобілі). Інформаційний модуль забезпечує протягом вегетаційного періоду збір місцевизначеної інформації про стан полів, розвиток фітоценозів та формування врожаю [1]. На основі одержаних даних формується завдання на збирання врожаю зернових культур збиральним модулем (включаючи і для оперативного регулювання режимами роботи зернозбирального комбайна) та керування роботою транспортного модуля. Застосування в транспортному модулі причепів-перевантажувачів дозволить істотно підвищити коефіцієнт використання робочого часу і продуктивність збирального агрегата загалом [4]. Крім того, застосування оперативного керування режимами роботи зернозбирального комбайна, вибір оптимальної траєкторії руху збирального агрегата [5] та керування транспортуванням зібраного врожаю до місця подальшого зберігання і обробки на основі даних інформаційного модуля підвищить якість врожаю та оперативно контролю відповідними особами процесу збирання врожаю.

**Висновок.** Застосування на збиранні зернових культур перспективного комплексу, який складається з інформаційного, збирального та транспортного модулів, забезпечить оперативне регулювання режимів роботи зернозбиральних

комбайнів та керування роботою транспортних систем, що призведе до підвищення продуктивності збирального агрегата та ефективності процесу збирання. Крім того, інформаційний модуль збирального комплексу є важливою складовою в технологіях точного землеробства.

### Література

1. Зубарев Ю. Н., Фомин Д. С., Чащин А. Н., Заболотнов М. В. Использование беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве. Весник ПФИЦ. – №2. – 2019. – с. 47-50.
2. Смолінський С. В., Марченко В. В. Сучасні збиральні машини: навчальний посібник. К.: ЦП «КОМПРИНТ», – 2019. – 248 с.
3. Смолінський С. В. Аналіз очисних систем зернозбиральних комбайнів. К.: ЦП «КОМПРИНТ», – 2020. – 140 с.
4. Kvíz Z., Kroulik M., Chyba J. Machinery guidance systems analysis concerning passto-pass accuracy as a tool for efficient plant production in fields and for soil damage reduction. Plant Soil Environ. Vol. 60. No. 1. – 2014. pp. – 36-42.
5. Siemens M. C., Hulick D. E. A new grain harvesting system for single-pass grain harvest, biomass collection, crop residue sizing and grain segregation. American Society of Agricultural and Biological Engineers. Vol. 51(5). – 2008. pp.1519-1527.

## АКТУАЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ЗМОТУВАЧА ПЛІВКОВИХ РУКАВІВ «AGRO BAG WINDER V.1.0»

**Кришталь О.,** - i-mail : kryshstal58@ukr.net

**Смоляр В.,** канд. с.-г. наук - i-mail : smolyarvi@ukr.net

УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

**ВСТУП.** Основою системи зберігання урожаю зернових та приготування кормів для тварин та птиці були великі промислові елеватори та комбикормові заводи. Для зберігання кормів господарства використовували силосні башти та траншеї, в яких були значні втрати під час зберігання протягом зимового періоду. Витрати сільськогосподарських підприємств і фермерів на зберігання кормів суттєво впливають на рівень рентабельності виробництва продукції тваринництва.

Зараз ефективною для виробників є організація зберігання зерна в самому господарстві із застосуванням відповідних технологій, зокрема, технології зберігання кормів в плівкових рукавах. Основний технологічний принцип такого зберігання є розміщення зерна та кормів в герметичних плівкових рукавах великої місткості без доступу повітря. Ця герметична система зберігає зерно сухим в плівкових рукавах.

Технологію зберігання кормів в плівкових рукавах використовують у більш ніж 20 країнах світу, зокрема в Австралії, Бразилії, Канаді, Чилі, Китаї, Франції, Індії, Казахстані, Парагваї, Україні, Росії, США. Після використання плівкових рукавів їх вручну змотують та відправляють на переробку або утилізацію.

В Україні у 2021 році розроблений змотувач плівкових рукавів, який механізує процес збирання плівкових рукавів з майданчиків після використання.

**Мета роботи.** Дослідження ефективності використання методу машинного змотування плівкових рукавів в господарствах, які застосовують технологію зберігання кормів в плівкових рукавах за результатами випробувань в умовах експлуатації змотувача плівкових рукавів «Agro Bag Winder v.1.0» вітчизняної фірми «Ag Bag Україна».

**Матеріали і методи.** Встановлення конструкційних особливостей та виконання технологічного процесу змотувачем рукавів виконували оглядовим методом наданого на випробування зразка. Показники якості виконання технологічного процесу та експлуатаційно-технологічні показники роботи змотувача визначено згідно з СОУ 74.3-37-133 [1], економічні показники визначали згідно з ДСТУ 4397 [2], показники безпеки та ергономічності згідно з ДСТУ EN ISO 4254-1 [3], ДСТУ EN ISO 12100 [4]. Умови випробувань визначали

згідно з ДСТУ 7435 [5]. Параметри та характеристики вимірювали засобами вимірювальної техніки і хронометражними спостереженнями за технологічними операціями.

**Результати і обговорення.** Змотувач плівкових рукавів AGRO BAG winder v.1.0 (рис. 1), призначений для змотування плівкових рукавів після їх звільнення від консервованого зерна, закладеного на зберігання [6]. Змотувач плівкових рукавів агрегується за зчіпну петлю дишла до енергетичних засобів тягового класу не нижче 1,6.



**Рисунок 1** – Загальний вигляд змотувача плівкових рукавів «AGRO BAG winder V.1.»

До складу змотувача плівкових рукавів входять: горизонтальна рама із зчіпним пристроєм, вертикальна опорна рама, одновісна ходова система, опори змотувального барабана, змотувальний барабан, гідравлічний мотор з ланцюговим приводом обертання змотувального барабана, гідравлічний пульт управління.

Рама зварної конструкції опирається на вісь ходової частини. На ній змонтовано всі робочі механізми змотувача плівкових рукавів. У передній частині рами встановлений причіпний пристрій з стоянковою опорою, які слугують для приєднання завантажувача до енергетичного засобу та фіксації його під час стоянки. Рама натягування плівкового рукава діє як напрямна для рукавів і розвантажувальна естакада. Дві петлі вгорі слугують напрямними і фіксаторами для полегшення розвантаження плівкового рукава.

Для приєднання плівкового рукава конструкція має пристрій, який входить до складу намотувального барабана і складається з двох частин, які об'єднуються у барабан від гідравлічного розподільника. Барабан приводиться в дію від гідравлічного мотора через ланцюгову передачу.

Напрявні на нижній частині рами призначені для вирівнювання плівкового рукава під час змотування.

Для фіксації у відчепленому стані використовують стоянкову опору та противідкотні пристрої.

Випробування змотувача проводили в агрегаті з енергетичним засобом МТЗ-82 під час змотування плівкових рукавів, в яких зберігали кукурудзу.

Якість виготовлення змотувача плівкових рукавів задовільна. Всі складові елементи змотувача виготовлені з металу, захищеного від корозії антикорозійним покриттям, стійким до впливу метеорологічних факторів. Усі складальні одиниці надійно закріплені між собою, що виключає їх самочинне зміщення. Елементи змотувача мають заокруглену форму. На них відсутні гострі кути, краї, задирки та поверхні з нерівностями, що можуть спричинити травми персоналу.

Збірні одиниці змотувача плівкових рукавів прості за конструкцією, які складають слюсарними інструментами

Випробуваннями встановлено, що змотувач плівкових рукавів задовільно виконує технологічний процес змотування плівкових рукавів в рулони (рис. 2), а показники якості його роботи перебувають у межах вимог проекту технічних умов. Відхилення за шириною змотаного в рулон плівкового рукава – 2 %.



**Рисунок 2** – Плівковий рукав змотаний в рулон

Конструкція змотувача плівкових рукавів забезпечує вільний доступ персоналу до важелів керування та елементів конструкції під час технічного і технологічного обслуговування.

Гідравлічна система забезпечує подачу мастила в об'ємах, які спроможні задовольняють потребу гідравлічного мотора, який через ланцюгову передачу приводить в дію барабан змотувача плівкових рукавів, а також гідравлічним

розподільником через гідравлічні циліндри проводити регулювання положення (об'єднувати, або розділяти) частин барабана.

Під час проведення експлуатаційно-технологічного оцінювання продуктивність змотувача плівкових рукавів становила 450 пог. м за одну годину основної роботи.

Витрати праці на виконання технологічного процесу складають 0,42 люд-год./т, прямі експлуатаційні витрати агрегата — 396,28 грн/т. Збільшення річного нормативного завантаження з 100 год. до 200 год. зменшує прямі експлуатаційні витрати на 24,8 % .

Результати випробувань змотувача плівкових рукавів на відповідність вимогам проекту технічних умов наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Результати випробувань змотувача рукавів

Показник	Значення показника за даними	
	проекту ТУ	випробувань
Агрегаткування	Енергетичні засоби тягового класу не нижче 1,6	Енергетичний засіб МТЗ-82
Спосіб агрегаткування	Напівпричіпний	Напівпричіпний
Габаритні розміри , мм		
- довжина	3756	3756
- ширина	2607	2607
- висота	2566	2566
Ширина колії, мм	1812	1812
Дорожній просвіт, мм	334	334
Продуктивність, пог. м/год.	Не менше 400	450
Розміри рулону, м:		
ширина	Не більше 0,9	0,9
діаметр	Не більше 1,5	0,85
Відхилення за шириною змотаного в рулон плівкового рукава, %	Не більше 10	2,0
Маса експлуатаційна, кг	650	650
Транспортна швидкість, км/год.	Не більше 20	15-20

За результатами оцінювання безпеки та ергономічності встановлено, що конструкція змотувача плівкових рукавів відповідає вимогам ДСТУ EN ISO 4254-1, ДСТУ EN ISO 4413, ДСТУ EN ISO 12100. Безпеку для персоналу забезпечено завдяки виконанню ергономічних вимог та обмеженню фізичних навантажень на персонал. Взаємне розміщення елементів конструкції змотувача

плівкових рукавів раціональне і забезпечує вільне пересування персоналу в робочій зоні та задовільні умови спостереження за технологічним процесом змотування рукава. Змотувач плівкових рукавів не створює шуму та не чинить негативного впливу на довкілля.

**Висновки.** Технологія збирання плівкових рукавів з використанням змотувача плівкових рукавів «AGRO BAG winder V.1.0», які використовувались тривалий час для зберігання зерна зернових колосових культур, кукурудзи, сої, а також кормів для тварин (жом, силос, сінаж) забезпечує задовільне виконання технологічного процесу. Процес змотування плівкових рукавів повністю механізований і суттєво знижує витрати праці, які притаманні ручному змотуванню плівкових рукавів. Змотаний плівковий рукав у вигляді рулону має компактний вигляд і зручний для подальших маніпуляцій з відправки його на переробку або утилізацію.

### Література

1. СОУ 74.3-37-133:2004 Випробовування сільськогосподарської техніки. Машина і обладнання для тваринництва і кормовиробництва. Методи оцінки безпечності і ергономічності.
2. ДСТУ 4397:2005. Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробування.
3. ДСТУ EN ISO 4254-1:2017 Сільськогосподарські машини. Вимоги щодо безпеки Частина 1. Загальні вимоги (EN ISO 4254-1:2015, IDT).
4. ДСТУ EN ISO 12100:2016 Безпечність машин. Загальні принципи проектування. Оцінювання ризиків та зменшення ризиків (EN ISO 12100:2010, IDT; ISO 12100:2010, IDT).
5. ДСТУ 7435:2013. Техніка сільськогосподарська. Методи визначення умов випробувань.
6. Протокол державних приймальних випробувань. Змотувач плівкових рукавів. № 01-22ТР-2021 від 16 липня 2021 року.

## ТЕСТУВАННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ МАШИН ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ТЮКІВ СОЛОМИ І СІНА ВИРОБНИЦТВА ТОВ "Демі-мікс-Україна"

Філоненко Л., e-mail:korm\_lab@mail.ru

УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

**Вступ.** Сучасні технології виробництва продукції тваринництва можливо забезпечити тільки високим технічним рівнем та якістю відповідної сільськогосподарської техніки.

Забезпечення тваринницьких ферм достатньою кількістю кормів є обов'язковою умовою ефективного господарювання сільськогосподарських підприємств. Не менш важливою умовою є підвищення якості кормів, що впливає на продуктивність тварин та якість тваринницької продукції. Але на цей час в період подорожчання ціни на газ та нафтопродукти, широке застосування набула технологія використання рослинної біомаси як твердого біопалива [1]. За цих умов вона використовується в переважній більшості з сформованих циліндричних, або прямокутних тюків.

У багатьох господарствах АПК України застосовується переважно традиційна технологія вивезення з поля до місця призначення тюків соломи чи сіна [2]. Вона включає в себе додатково завантажувальний засіб та оператора.

Сучасна технологія транспортування тюків з поля здійснюється спеціальними самозавантажувальними причепами з широким типорозмірним модельним рядом. Одними з таких причепів є тюковози серії "Demi-mix T", які включають в себе дві моделі – "Demi-mix T-18" та "Demi-mix T-21", відповідно для одночасного перевезення 18 та 21 тюків.

**Мета роботи.** Комплексне оцінювання тюковоза за результатами випробувань в умовах експлуатації, аналізування конструкційних особливостей та їх вплив на якість роботи машини.

**Матеріали і методи.** Дослідження виконання технологічного процесу здійснювали візуальним оглядом та аналізуванням конструкційних особливостей тюковоза причіпного "Demi-mix T-18", вимірюванням параметрів та характеристик з використанням засобів вимірювальної техніки, хронометражними спостереженнями за технологічними операціями.

Умови випробувань визначали згідно з ДСТУ 7435 [3].

Експлуатаційно-технологічні показники роботи тюковоза визначено згідно з ДСТУ 8424 [4], економічні показники визначали згідно з ДСТУ 4397 [5],



показники безпеки та ергономічності згідно з ДСТУ EN 953 [6], ДСТУ EN ISO 4254-1 [7], ДСТУ EN ISO 4413 [8], ДСТУ EN ISO 12100 [9].

### Результати і обговорення

Тюковози причіпні серії "Demi міх Т" (рис. 1) призначені для підбирання циліндричних тюків з поля, самозавантаження їх на платформу та транспортування до місця складування польовими дорогами а також шляхами загальної мережі. Вони агрегуються з колісними тракторами класу 1,4,2 та призначені для застосування в господарствах різних форм власності у всіх агрокліматичних зонах України в умовах переважно рівнинного землекористування і включають дві моделі – "Demi міх Т-18" і "Demi міх Т-21".



**Рисунок 1** – Тюковіз Т-18 під час вивезення тюків соломи з поля

Основними складовими частинами тюковоза є: рама, шасі, передня стінка, редуктор приводу передньої стінки, завантажувальна лапа, задня стінка, бокові стінки, гідравлічна система та світлова сигналізація.

Передня стінка (рис. 2) – рухомий елемент, що слугує для вивантаження тюків з платформи тюковоза. Приводиться в рух з використанням ланцюгової передачі від редуктора з гідродвигуном.



**Рисунок 2** – Передня стінка тюковоза

Редуктор приводу передньої стінки приводиться в дію з використанням гідронасоса. З редуктора обертовий момент передається на ланцюг, який приводить в рух передню стінку.

Завантажувальна лапа – рухомий елемент, що слугує для завантажування тюків на платформу тюковоза. Конструкція лапи виконана таким чином, що є можливість завантажувати тюки діаметром від 1,2 м до 1,6 м.

Задня стінка слугує для утримання тюків на платформі тюковоза під час транспортування (транспортне положення). Опускається задня стінка під тиском тюків під час вивантажування. Піднімання відбувається за допомогою гідросистеми енергозасобу.

Бокові стінки слугують для утримання тюків на платформі під час завантаження та транспортування. Вони мають декілька положень регулювань в залежності від діаметра тюків та вертикальне транспортне положення.

Гідрообладнання тюковоза складається з гідросистеми підйому-опускання завантажувальної лапи під час завантаження тюків, гідродвигуна для приведення в дію пересувної рамки та гідросистеми відкривання заднього борта під час розвантаження тюків.

Випробування тюковоза проводили в агрегаті з трактором МТЗ-82 на підбиранні та самозавантажуванні циліндричних тюків пшеничної соломи та перевезенні їх до місця складування.

Випробуваннями встановлено, що тюковіз задовільно виконує заданий технологічний процес на самозавантаженні циліндричних тюків на полі та перевезення їх до місця складування. Результати випробувань наведені в таблиці 1.

**Таблиця 1 - Результати випробувань тюковоза "Demi mix T-18"**

Назва параметра, одиниця вимірювання	Значення показника за даними	
	НД	випробувань
Кількість тюків, шт.	18	18
Діаметр тюків, м	1,2-1,60	1,2
Максимальна маса тюка, кг	Не більше 500	160
Маса, кг:	Не більше	
повна;	10150	6730*
власна	3850	3850
Діаметр тюків при транспортуванні, м	1,2 – 1,6	1,2
Габаритні розміри у тр. положенні, мм	Не більше	
довжина	10200	10190
ширина	2450	2445
висота	3650	3640
Необхідна потужність трактора, к. с	Не менше 80	МТЗ-82 (82 к.с)
Пошкодження тюків, %	Не обумовлено	За час проведення випробувань пошкодження тюків не виявлено

– Повна маса із завантаженням 18 тюками масою 160 кг кожен

Маса завантажених тюків на тюковіз причіпний становила 2880 кг за допустимого навантаження – 9000 кг. Кількість тюків становила 18 штук з їхньою

масою в 160 кг (максимальна маса тюка не більше 500 кг). Пошкодження тюків під час виконання технологічного процесу не виявлено.

Під час проведення експлуатаційно-технологічного оцінювання продуктивність становила 4,7 т за годину основної роботи.

Затрати праці на виконання технологічного процесу складають 0,42 люд-год./т, прямі експлуатаційні витрати агрегата - 396,28 грн/т. Збільшення річного нормативного завантаження з 150 до 250 год. зменшить прямі експлуатаційні витрати на 24,8 %.

Тюковіз забезпечує достатній рівень безпечності для персоналу під час виконання технологічного процесу. Елементи конструкції мають заокруглену форму, на них відсутні гострі крайки і поверхні з нерівностями, які можуть спричинити травмування оператора. Трубопроводи та їхні компоненти забезпечують надійну роботу у всіх запланованих режимах використання. На елементах конструкції тюковоза нанесені в достатній мірі знаки та символи, які зрозумілі персоналу.

У порівнянні з аналогічними машинами виробництва ТОВ «Завод Кобзаренка» встановлено, що тюковози серії «Demi-mix T» [11] не поступаються за показниками продуктивності та якості виконання технологічного процесу

### **Висновки**

Після проведення досліджень і випробувань тюковоза "Demi mix T-18" можна констатувати, що:

– це є спеціалізоване сільськогосподарське знаряддя, що забезпечує самозавантаження і транспортування тюків до місця тривалого зберігання або переробки, дає можливість звільнити один засіб (завантажувальний) та оператора під час виконання технологічного процесу. Використання тюковоза:

- зменшує трудомісткість перевезення тюків;
- раціоналізує витрати ресурсів, часу та зусиль;
- мінімізує кількість техніки, яка залучається для перевезень;
- виключає використання ручної праці;
- гарантує цілісність упаковки тюка.

### **Література**

1. Гайденко О. Технічні рішення для заготівлі соломи. //Агробізнес сьогодні – 2014. № 18.

2. Мельник І. І. Гречкосій В. Д., Скоробагатов Д. В. Ефективність технологій збирання незернової частини врожаю сільськогосподарських культур. // Науковий вісник національного аграрного університету № 73, ч. 1 – 2004 – С. 234 – 240.

3. ДСТУ 7435:2013. Техніка сільськогосподарська. Методи визначення умов випробувань.

4. ДСТУ 8424:2015. Сільськогосподарська техніка. Машина спеціалізовані і універсальні та машинні комплекси. Методи експлуатаційно-технологічного оцінювання на етапі випробувань

5. ДСТУ 4397:2005. Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробування

6. ДСТУ EN 953:2014. Безпечність машин. Огорожі. Загальні вимоги до проектування і конструювання нерухомих та рухомих огорож (EN 953:1997 + A1:2009, IDT)

7. ДСТУ EN ISO 4254-1:2017 (EN ISO 4254-1:2015, IDT; ISO 4254-1:2013, IDT) Сільськогосподарські машини. Вимоги щодо безпеки. Частина 1. Загальні вимоги

8. ДСТУ EN ISO 4413:2014. Гідроприводи об'ємні. Загальні правила застосування та вимоги щодо безпеки для систем та їх складових (EN ISO 4413:2010, IDT)

9. ДСТУ EN ISO 12100:2016 (EN ISO 12100:2010, IDT, ISO 12100:2010, IDT) Безпечність машин. Загальні принципи проектування оцінювання ризиків та зменшення ризиків

10. Протокол державних приймальних випробувань технічного засобу для АПК. Тюковози причіпні серії "Demi-mix T". № 2571/0705-01-2021 від 26 серпня.

11. Протокол державних приймальних випробувань технічного засобу для АПК. Самозавантажувальні тюковози для рулонів модельного ряду типу ПТ. № 2166/0703-01-2017 від 29 вересня 2017 р.

**УДОСКОНАЛЕННЯ ДІЙКОВОЇ ГУМИ**

**Хмельовський В.**, д-р. техн. наук, проф.,

**Трофимчук А.**,

ел. пошта: khmelovskyi@nubip.edu.ua,

Національний університет біоресурсів і природокористування України

**Вступ.** Молоко – важливий і цінний продукт у харчуванні людини. У ньому міститься понад 100 корисних компонентів: білки, жири, вуглеводи, мінеральні солі та вітаміни. Близько третини всіх продуктів харчування, які споживає людина, припадає на молоковмістні продукти. Для повного забезпечення населення молоком та молочними продуктами, а також економічного зростання агропромислового комплексу України, галузь тваринництво необхідно забезпечити сучасними засобами механізації та автоматизації [1]. Трудомісткі процеси на фермах вимагають технічного та організаційно-технологічного переозброєння і реконструкції. Механізація і автоматизація машинного доїння корів, його загальне розповсюдження не тільки полегшило, але й значно підвищило продуктивність, і повністю змінило характер і соціальну природу праці операторів.

Основним напрямом вдосконалення доїльного обладнання на сьогодні є обґрунтування конструкційно-функціональних схем, які усувають негативний вплив машини на здоров'я тварини.

**Мета роботи.** У доповіді пропонується змінити конструкцію дійкової гуми доїльного стакана з урахуванням забезпечення повноцінного видоювання тварин та усунення причини захворювання дійок гіперкератозом. На підставі поданої конструкційно-функціональної схеми дійкової гуми вивчається вплив на утворення «мозолів» на дійках. Крім того, перевіряється можливість швидкого виведення молока із піддійкової камери.

**Матеріали і методи.** Однією з причин втрати продуктивності корови можуть бути різні захворювання, насамперед дійок вимені [1]. Процес, під час якого шкіра дійок стає надмірно грубою, може бути наслідком впливу машинного доїння. Робота доїльного апарата буде в значній мірі залежати від дотримання вакуумного режиму, нерівномірності тривалості тактів та відповідності фізико-механічних властивостей і конструкційної досконалості гуми. Два перших параметри залежать від правильності налагодження доїльного обладнання, в той час, як третій має постійний характер впливу на тварину.

Сьогодні, для доїння корів, використовують два типи дійкової гуми: круглої та трикутної форми (рис. 1). Трикутна форма дійкової гуми здебільшого є вентиляційною [1, 2, 3, 4, 5].



**Рисунок 1** - Вигляд дійкової гуми: а – кругла дійкова гума у такті ссання; б - кругла дійкова гума в такті стиску; в – трикутна дійкова гума у такті ссання; г - трикутна дійкова гума в такті стиску.

Аналітичні дослідження показали, що дійкова гума круглого перерізу в такті стиску облягає дійку, а змикання стінок гуми відбувається посередині, як наслідок, відбувається стискання клапана дійки з утворенням гіперкератозу. Крім цього, при змиканні стінок круглої гуми відбувається так званий «зворотній рух» видоєного молока, яке крізь відкритий клапан дійки потрапляє у середину останньої.

Компанія MilkRite пропонує трикутну форму дійкової гуми (рис. 1 в, г) [4, 5]. Таке рішення дає можливість зменшити захворювання тварин на гіперкератоз.

**Результати та обговорення.** Поряд із традиційною конструкцією доїльних стаканів із доїльною гумою, у поперечному перерізі, у вигляді кола (рис. 1 а, б), яка експлуатується вже багато років, останнім часом набуває розповсюдження трикутна форма дійкової гуми із можливістю вентиляції. Як стверджують розробники трикутної форми дійкової гуми [4, 5], повітря входить вслід за молоком, і цим самим забезпечує більш ефективне відведення молока від дійки. Проте конструкційне виконання гільзи стакану та дійкової гуми створюють умови постійного встановлення підвісної частини на дійках, приблизно, на одному і тому ж місці. Як видно з рисунка 1 г, під час створення такту стиску значна частина повітря подається по стінці дійки.

Нами запропоновано удосконалену конструкцію дійкової гуми, яка має у поперечному перерізі форму кола. Адже, за круглого перерізу змикання дійкової гуми відбувається більш щільніше (рис. 1 б), зі свого боку, це дає можливість подовжити час стиску, а відповідно зменшити тривалість дії вакууму на дійку. Запропонована конструкція забезпечує змикання стінок дійкової гуми завжди нижче клапана дійки. Така конструкція працює в режимі вентиляційної гуми, оскільки повітря подається у піддійкову камеру дійкової гуми та усуває ефект «зворотного руху» молока під час його відведення із доїльних стаканів.

**Висновки.** У роботі здійснено аналіз основного робочого, виконавчого елемента - дійкової гуми. За формою дійкова гума поділяється на круглого, яка в

класичному виконанні приводить до захворювання на гіперкератоз, та трикутного перерізу, яка забезпечує швидке виведення молока із піддійкової камери. Основною причиною удосконалення конструкції дійкової гуми є зниження рівня захворювання корів на гіперкератоз. Запропонована конструкція дає змогу подавати повітря у піддійкову камеру і тим самим забезпечує швидке виведення молока без «зворотного руху».

### Література.

1. Машины та обладнання для тваринництва. І. І. Ревенко, М. В. Брагінець, В. С. Хмельовський. – Київ: ТОВ «ЦП Компринт», 2018. 567 с.
2. Каков принцип действия ImpulseAir.  
<http://agrotehimport.ru/catalog/milkrite/soskovayarezina/impulseair/>.
3. Резина сосковая каучуковая треугольная вентилируемая Milk-Rite Impulse Air. <http://agrofavorit.by/index.php/katalog-produktsii/38-rezina-soskovaya/182-rezina-soskovaya-kauchukovaya-treugolnaya-ventiliruemaya-milk-rite-impulse-air>.
4. Milkrite на практиці. [https://molochka.com/ukr/home/news/e/news\\_id/175/](https://molochka.com/ukr/home/news/e/news_id/175/).
5. Вентилируемая сосковая резина impulse air.  
<http://givotnovod.ru/catalog/milkrite-treugolnaya-i-kruglaya-soskovaya-rezina-molochnye-i-vakuumnye-shlangi/ventiliruemaya-soskovaya-rezina-impulse-air/?size=18&order=price>

УДК 631.528:631.559:551.502.4

## **ОЦІНКА ТОЧНОСТІ ПРОГНОЗІВ ВРОЖАЙНОСТІ ПОЛЬОВИХ КУЛЬТУР**

**Майданович Н.**, канд. геогр. наук,

poljuljach@ukr.net

**Бондаренко О.**,

akro18@ukr.net

УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

**Вступ.** Використання вільнодоступних джерел з даними дистанційного агромоніторингу дає змогу широко впроваджувати сучасні інформаційні продукти на різних етапах сільськогосподарського менеджменту та розробляти прогнози врожайності основних сільськогосподарських культур в Україні з різним періодом завчасності. Методи і системи дистанційного агромоніторингу постійно вдосконалюються і розроблені прогнозні показники врожайності сільськогосподарських культур потребують періодичної оцінки їхньої точності порівняно з фактичним значенням.

**Метою** цієї роботи є висвітлення результатів оцінки точності виконаних в УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого прогнозів врожайності пшениці, ячменю та кукурудзи на рівні держави впродовж 2015-2020 років.

**Матеріали і методи.** Методика прогнозування врожайності сільськогосподарських культур представлена в [1-2]. Оцінку точності прогнозів врожайності та валового збору основних сільськогосподарських культур за 2015-2020 роки виконано порівнянням фактичних значень врожайності пшениці, ячменю та кукурудзи в Україні із авторськими прогнозними показниками та даними європейської системи MCYFS (MARS Crop Yield Forecasting System).

**Результати і обговорення.** У розвинених країнах світу для інформаційного забезпечення сільськогосподарського менеджменту всіх рівнів широко використовують різноманітні інформаційні системи [3]. Залежно від оглядовості (розміру контрольованої системою території) розрізняють системи локального, регіонального та національного (або транснаціонального) рівнів, але всі вони зазвичай складаються з таких трьох блоків: блок отримання інформації, блок обробки та аналізу інформації, блок розповсюдження інформації. Як правило в таких аналітичних системах для отримання інформації широко використовуються технології та методи дистанційного зондування Землі, для обробки та аналізу інформації використовуються географічні інформаційні системи, а для її

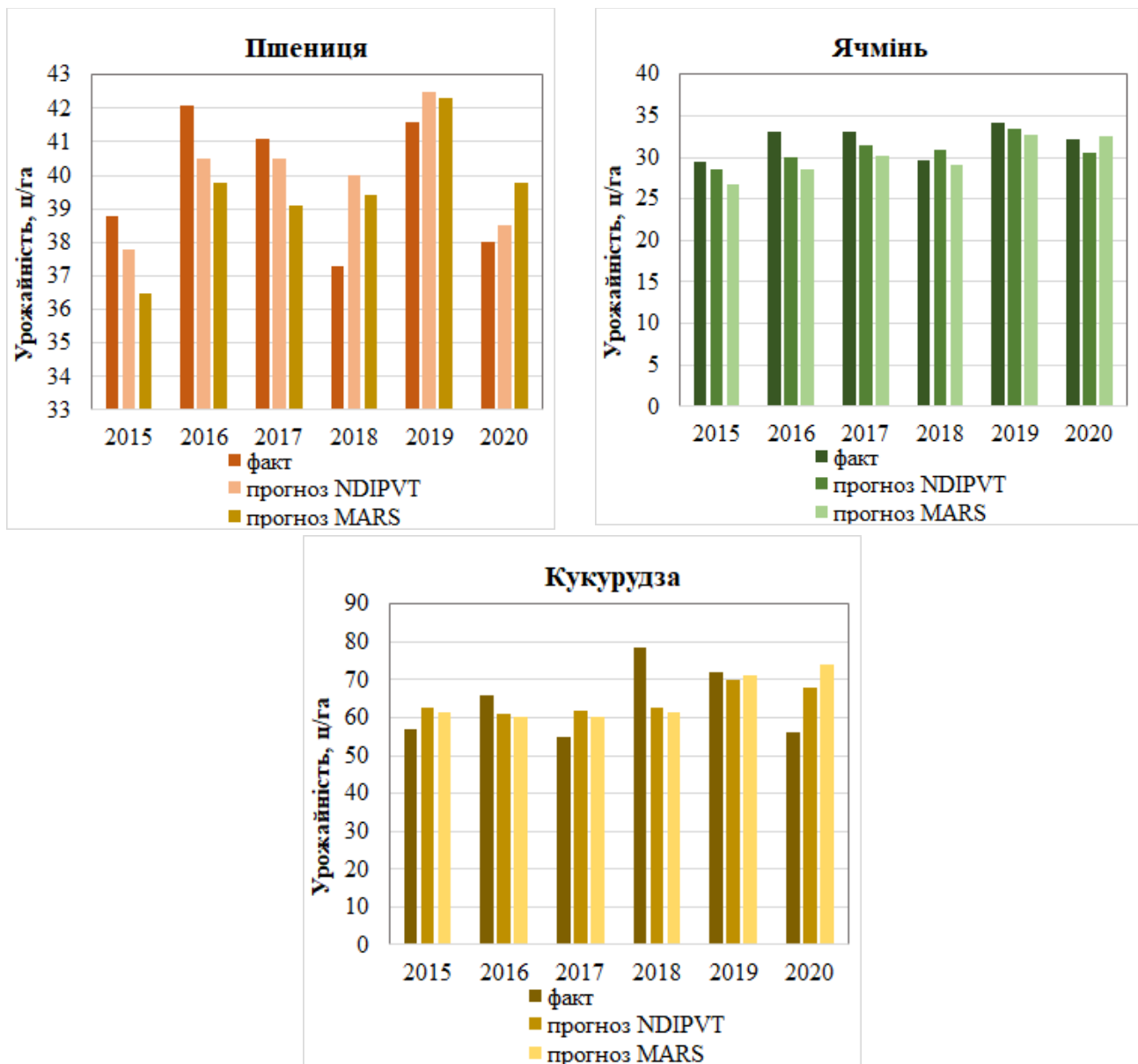


розповсюдження – інтернет технології. У наукових працях широко досліджено найпоширеніші інформаційні предиктори для побудови прогнозів врожайності сільськогосподарських культур та висвітлено алгоритми прогнозування на основі даних ДЗЗ [1-2, 4-8].

Найбільш відомими системами агромоніторингу національного (або транснаціонального) рівнів є система FAS/IPAD Департаменту сільського господарства США та європейська система MCYFS – (система прогнозування врожайності посівів на базі програми MARS) [3]. Наукові колективи УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого та Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту (УкрНДГМІ) досліджували елементи системи MARS для вивчення можливостей інтеграції України до цієї системи. Пілотні проекти з впровадження цієї системи в Україні проведені авторським колективом та науковим колективом УкрНДГМІ засвідчили достатню якість прогнозування врожайності озимої пшениці для території нашої держави в цілому. Проте для розширення спектру прогнозованих культур та підвищення якості прогнозів для окремих адміністративних регіонів України ця система потребує суттєвого поповнення баз даних та адаптації моделі WOFOST під культивовані сортові видозміни.

На підставі агрометеорологічних баз даних, оперативної інформації Міністерства аграрної політики та продовольства України про стан посівів і розроблених моделей визначення індексів сприятливості агрометеорологічних умов для росту і розвитку сільськогосподарських культур, авторським колективом щорічно випускається по 4 аналітично-прогностичних бюлетені «Аналіз розвитку і прогноз урожайності основних сільськогосподарських культур в Україні» з різною завчасністю впродовж вегетаційного періоду.

Оцінка розроблених авторами прогнозних показників, порівняно з європейськими даними (система MARS), в результаті аналізу врожайності окремих культур на рівні держави впродовж 2015-2020 років (за прогнозними даними станом на кінець травня) засвідчила, що в переважній більшості випадків прогнозні показники УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого були ближчими до фактичного рівня врожайності ніж безпосередні оцінки європейської системи MARS (рис. 1).



**Рисунок 1** – Порівняльна оцінка усереднених для України прогнозних показників врожайності окремих культур (станом на кінець травня). Джерело: авторські дослідження.

Точність прогнозування на рівні держави варіювала з роками, але в обох випадках була переважно задовільною (табл. 1).

**Таблиця 1** – Відхилення прогнозованого рівня врожайності від фактичних значень, %

Культура (	Роки					
	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Пшениця (УкрНДІПВТ)	2,6	3,8	1,5	7,2	2,2	1,3
Пшениця (MARS)	5,9	5,5	4,9	5,6	1,7	4,7
Ячмінь (УкрНДІПВТ)	3,4	9,1	4,8	4,7	2,0	5,3
Ячмінь (MARS)	9,5	13,6	8,8	1,7	4,1	1,2
Кукурудза (УкрНДІПВТ)	9,5	7,6	12,5	20,3	2,6	21,0
Кукурудза (MARS)	7,4	8,6	8,9	21,8	1,1	31,5

Середня за 2015-2020 роки похибка прогнозування для пшениці у травневих прогнозах УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого склала 3,1 %, а у прогнозах системи MARS – 4,7 %. Для ячменю ці оцінки мали значення 4,9 % і 6,5 %, а для кукурудзи 12,2 % і 13,2 % відповідно (що пояснюється значним періодом завчасності). Найбільшою похибка прогнозування у випадку обох систем була для кукурудзи у 2018 та 2020 роках (див. табл. 1), що було обумовлено значним відхиленням агрометеорологічних факторів вегетаційного періоду цієї культури від закладених у модель середньостатистичних значень, що не можливо було передбачити на етапі прогнозування. У випадку 2018 року фактичні значення врожайності кукурудзи сягнули історичного максимуму, а у випадку 2020 року – складні агрометеорологічні умови останніх місяців вегетації зашкодили формуванню очікуваного рівня врожаю культури.

**Висновки.** Представлені в роботі результати з оцінки точності виконаних в УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого прогнозів врожайності основних сільськогосподарських культур (на рівні держави) свідчать про задовільну точність розроблених прогнозних оцінок. Проте неможливість довгострокового передбачення агрометеорологічних умов росту і розвитку культур завжди вноситиме свою похибку і якщо у випадку пізніх культур період завбачення складає декілька місяців, то уникнути цієї похибки вдається лише в роки, коли агрометеорологічні умови будуть близькими до норми, що закладається у модель.

### Література

1. Кравчук В., Новохацький М., Сердюченко Н., Сайдак Р. (2013). Моделювання врожайності ярих зернових культур з використанням даних ДЗЗ. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: зб. наук. пр. УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого. – Вип. 17(2). – С. 4-16. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ttar\\_2013\\_17\(2\)\\_3](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ttar_2013_17(2)_3).
2. Сердюченко Н., Сайдак Р. (2013). Моделювання врожайності кукурудзи з використанням даних ДЗЗ. Меліорація і водне господарство. Зб наук. пр. – Вип. 101. – С. 32-41.
3. Сердюченко, Н. (2018). Аналіз систем агромоніторингу транснаціонального рівня. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарств а України: зб. наук. пр. УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого. – Вип. 22 (36), – С. 159-165. [https://doi.org/10.31473/2305-5987-2018-1-22\(36\)-157-163](https://doi.org/10.31473/2305-5987-2018-1-22(36)-157-163).
4. Bruno Basso, Lin Liu (2019). Chapter Four - Seasonal crop yield forecast: Methods, applications, and accuracies. *Advances in Agronomy*, Academic Press, Volume 154, Pages 201-255, <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2018.11.002>.

5. Kussul N., Kolotii A., Skakun S., Shelestov A., Kussul O. and Oliynuk T. (2014). Efficiency estimation of different satellite data usage for winter wheat yield forecasting in Ukraine. 2014 IEEE Geoscience and Remote Sensing Symposium, pp. 5080-5082. DOI: [10.1109/IGARSS.2014.6947639](https://doi.org/10.1109/IGARSS.2014.6947639).
6. Johnson M.D., Hsieh W.W., Cannon A.J., Davidson A., Bedard F. (2016). Crop yield forecasting on the Canadian prairies by remotely sensed vegetation indices and machine learning methods. *Agric. For. Meteorol.* 218, 74 – 84. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2015.11.003>
7. Zhang N., Zhao C., Quiring S.M., Li J.L. (2017). Winter wheat yield prediction using normalized difference vegetative index and agro-climatic parameters in Oklahoma. *Agron. J.* 109, 2700 - 2713. <https://doi.org/10.2134/agronj2017.03.0133>
8. Kogan F., Salazar L. and Roytman L. (2012). Forecasting crop production using satellite-based vegetation health indices in Kansas, USA. *Int. J. Remote Sens.*, 33, 2798–2814. DOI: [10.1080/01431161.2011.621464](https://doi.org/10.1080/01431161.2011.621464)

## ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ ЯК ЗАСОБУ АДАПТАЦІЇ ДО ЗМІН КЛІМАТУ

Малярчук В., канд. с.-г. наук, zemlerob\_mvm@ukr.net,

Федорчук Є., ст. наук. співроб., jenua-life@i.ua,

Південно-Українська філія УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого

**Вступ. / Introduction.** На сьогоднішній день глобальне потепління розглядають як факт і головною проблемою за таких умов стає дефіцит вологи, її накопичення, збереження та раціональне використання.

Тому на перший план сьогодні виходить розробка адаптаційних заходів до негативного впливу погоди, які мають органічно увійти в технології сільськогосподарського виробництва і забезпечувати накопичення й раціональне використання наявних запасів вологи у ґрунті.

Одним з таких напрямків адаптації є застосування прийомів органічного землеробства, адже доведено, що за низьковуглецевого виробництва вологість ґрунту в різні періоди вегетації рослин у середньому на 28-32 % більша від ґрунту, на якому застосовуються інтенсивні технології [Антонець С. С., Писаренко В. М., 2019].

В умовах глобальних змін клімату використання органічного землеробства дає змогу певною мірою нівелювати дію природних факторів завдяки застосуванню лише органічних матеріалів, які сприяють збільшенню вмісту органічної речовини в ґрунті [Fileccia T. та ін., 2014]. Як наслідок, завдяки дії природних факторів набагато більше зберігається вологи, ніж за використання традиційної системи землеробства. Відбувається зниження уразливості аграрних підприємств, оскільки через відмову від дорогих синтетичних добрив і засобів захисту рослин вони значно скорочують власні витрати на одержання продукції, що істотно знижує ризики в разі часткового або повного неврожаю через екстремальні погодні умови, які виникнуть унаслідок глобальних змін клімату. Крім того, в результаті органічного виробництва отримують сертифіковану продукцію, ціни на яку майже удвічі вищі, ніж на звичайну, що, зі свого боку, дає змогу одержувати більші доходи й покривати витрати навіть за незначних урожаїв. Тому, як наслідок, одержання значно більшого прибутку передусім завдяки зниженню витрат, тобто підприємства є менш уразливими до змін у природних умовах, оскільки матимуть прибуток навіть за значного недоодержання врожаю [Дем'яненко С., Бутко В., 2012].

В основі органічного низьковуглецевого землеробства лежить використання органічних добрив, оскільки застосування останніх позитивно позначається на

показниках структурно-агрегатного стану ґрунту та водотривкої частини ґрунту – гумусу.

На сьогоднішній день, внаслідок занепаду тваринницької галузі рівень застосування органічних добрив в Україні зменшився до 0,5 т на гектар орної землі, що призвело до формування дефіцитного балансу гумусових речовин і загрожує зниженням ефективної родючості ґрунту сільськогосподарських угідь. [Кучер А., 2017].

Пріоритетний розвиток органічного виробництва зумовив появу на ринку нових органічних екологічно безпечних добрив, які характеризуються підвищенням засухостійкості та морозостійкості рослин, не потребують додаткового внесення синтетичних добрив та стимуляторів росту рослин, деморалізацією, структуруванням, розкисленням та розсоленням ґрунтів, підвищенням гумусу.

З огляду на це, важливого значення набуває поглиблення досліджень ефективності та технологічних рекомендацій щодо використання на практиці органічних добрив нового покоління.

**Мета роботи./Aim.** Провести аналіз ефективності використання органічних добрив як стратегічного пріоритету розвитку низьковуглецевого аграрного землекористування (агрохімічний напрям адаптації до кліматичних змін). Визначити вплив рідкого органічного добрива «Ріверм» на якісний стан ґрунту та його здатності втримувати вологу, а також на підвищення продуктивності пшениці озимої в сівозмінах на неполивних землях Півдня України.

**Матеріали і методи. / Materials and methods.** Дослідження проводились протягом 2020-2021 рр. на дослідному полі Південно-Української філії УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, в зерно-паропросапній сівозміні. Територіально дослідне господарство знаходиться в найбільш посушливій частини Степової зони і характеризується високими ресурсами тепла і середньорічною сумою атмосферних опадів на рівні 411,5 мм. Пшеницю озиму (сорт «Херсонська-99») висівали по парі. Агротехніка в досліді загальноновизнана. Повторність в досліді 3-разова.

Дослідження проводились з використанням загальноновизнаних в Україні методик і методичних рекомендацій. У сівозміні на протязі двох років досліджували дію рідкого органічного добрива «Ріверм»:

1. Контроль (без застосування добрив);
2. Органічне добриво «Ріверм» 2,5 л/га.

«Ріверм» – рідке суспензоване органічне добриво нового покоління. За своїм складом добриво «Ріверм» – це водна витяжка з біогумусу, яка включає в себе засвоювані рослинами гумінові речовини, макро- і мікроелементи та іони.

Ріверм використовували для позакоренових підживлень пшениці озимої під час вегетації: I-шу обробку проводили 1,5 % розчином (200 л/га води + 3 л Ріверм) у фазі до виходу рослин у трубку; II-гу обробку – 1-% розчином (200 л/га води + 2 л Ріверма») на 5-тий день після цвітіння пшениці озимої.

Аналітичні дослідження зразків ґрунту проводились двічі на рік: перед обробленням посіву Рівермом у фазі до виходу рослин у трубку (I декада травня) та після збирання врожаю (II декада липня).

Під час експерименту використовували польовий, кількісно-ваговий, візуальний та лабораторний методи. З метою систематизації та узагальнення отриманих результатів застосовувалися математико-статистичні методи.

**Результати і обговорення. / Results and discussion.** Експериментально встановлено, що застосування органічних добрив нового покоління призупиняє зменшення вмісту гумусу й сприяє досягненню його бездефіцитного балансу. Зокрема, за період дослідження відзначено істотне зростання вмісту органічної речовини (лабільного гумусу) в ґрунті на 6,01 %, який за два роки піднявся до рівня середніх значень (2,10%), проти низького рівня забезпеченості (1,98 %) до використання добрива Ріверм (табл.1).

**Таблиця 1** - Забезпеченість ґрунту гумусом та основними елементами мінерального живлення в середньому за 2020-2021рр., мг/кг ґрунту

Показник агроекологічного складу ґрунту	I декада травня	II декада липня	
	до внесення добрива	Контроль	Ріверм
Нітрати	27,6	24,3	38,1
Рухомий фосфор	40,0	35,0	41,0
Обмінний калій	312,0	310,0	334,0
Гумус	1,98	1,94	2,10

Вміст рухомих форм основних елементів мінерального живлення на контролі в основному знизився проти попередніх значень, крім рухомого фосфору, що можна пояснити їхнім інтенсивним виносом з урожаєм. Тоді як, відповідні показники на ділянках, де вносився Ріверм, істотно вищі порівняно з варіантом без оброблення Рівермом (контроль).

Слід відмітити, що в умовах підвищеної посушливості клімату, волога визначає рівень урожайності. Тому через збільшення ролі вологи як чинника обмеження в отриманні врожаю, особливого значення набувають дослідження дії органічного добрива на формування водного балансу ґрунту.

У результаті досліджень підтверджено, що в умовах посухи використання органічних добрив, завдяки яким збільшується органічна складова ґрунту, поліпшує його водний режим (табл. 2).

**Таблиця 2** - Вміст доступної вологи у шарі ґрунту 0-100 см за фазами розвитку пшениці озимої під час застосуванні «Ріверму» в середньому за 2020-2021рр., мм

Шар ґрунту, см	I декада травня (після внесення добрива)		II декада липня (після збору врожаю)	
	«Ріверм»	контроль	«Ріверм»	контроль
0-20	45	47	24	20
0-40	81	83	46	44
40-100	65	60	72	59
0-100	145	143	118	99

Порівняння вмісту запасів продуктивної вологи в шарі ґрунту 0-100 см в травні і липні 2021р. засвідчило більш економне витрачання вологи у варіантах з «Рівермом» порівняно з контролем. Особливо це помітно за визначення вологості перед збиранням врожаю, хоча в цей час запаси вологи в шарі ґрунту 0-40 см були практично рівними і тільки в шарі ґрунту 40-100 см у варіанті з «Рівермом» спостерігалися більш високі запаси продуктивної вологи.

Визначення загальних запасів вологи в зоні розміщення кореневої системи пшениці озимої свідчать, що «Ріверм» сприяє більш економному витрачання запасів ґрунтової вологи. Для цього в кореневій зоні рядка пшениці озимої на глибину 0-20 см були відібрані зразки ґрунту, середня маса яких у варіанті з «Рівермом» склала 1760 г, а на контролі 1820 г. Під час висушування цих зразків за температури 105 °С в сушильній шафі протягом 24 годин, ґрунт з ділянки з Рівермом містив 120 г води, а на контролі всього – 60 г. Необхідно відзначити, що ці запаси вологи містилися в зоні розташування кореневої системи пшениці озимої і сприяли формуванню як вегетативних, так і генеративних органів культури.

Отже, проведені дворічні дослідження свідчать, що використання органічного добрива Ріверм сприяє демінералізації ґрунту, активізує розвиток азотфіксувальних бактерій, і відповідно підвищує родючість ґрунту.

Логічно, що підвищення родючості ґрунту позитивно впливає на продуктивність сільськогосподарських культур. Це підтверджують отримані в результаті дворічних дослідів дані щодо урожайності пшениці озимої (табл. 3).

**Таблиця 3** - Урожайність насіння пшениці озимої за органічного добрива Ріверм, у середньому за 2020-2021 р., т/га

Урожайність	Контроль	Ріверм	Приріст (+,-)
2020 р.	1,84	2,11	0,27
2021 р.	3,30	3,72	0,42

Незважаючи на той факт, що два досліджувані роки досить сильно різнилися за своїми гідротермічними умовами, в обох випадках найвищий рівень урожайності насіння пшениці озимої сорту «Херсонська-99» сформувався на



ділянках оброблених Рівермом, де він склав у 2020 р. – 2,11 т/га, а у 2021 р. – 3,72 т/га, що відповідно на 14,7 % та 12,7% вище ніж на ділянках контролю. Така позитивна динаміка підвищення продуктивності культури завдяки дворазовому використанню Ріверму безперечно свідчить про його позитивний вплив на формування врожаю.

**Висновки. /Conclusions.** Отже, в результаті дворічних досліджень підтверджено ефективність застосування рідкого органічного добрива «Ріверм» у вирощування пшениці озимої сорту «Херсонська-99» в умовах південного Степу України, що покращує поживний режим та вагомо підвищує вміст елементів мінерального живлення (NPK) і, як наслідок, сприяє підвищенню урожайності пшениці озимої в середньому на 14 %. Отриманий позитивний ефект у вигляді збільшення на 6,01 % вмісту органічної речовини (лабільного гумусу) в ґрунті від дворазового внесення Ріверму підтверджує тезу, що в умовах глобальних змін клімату, за екологічно безпечними препаратами природного походження – майбутнє сільгоспвиробництва.

### Література

1. Антоненко С. С., Писаренко В. М. Органічне землеробство як дієва система у боротьбі з посухами в Україні. 2019. URL: [dspace.pdaa.edu.ua:8080/bitstream/123456789/5958/1/органічне землеробство як дієва система у боротьбі з посухами в Україні. pdf](https://dspace.pdaa.edu.ua:8080/bitstream/123456789/5958/1/органічне_землеробство_як_дієва_система_у_боротьбі_з_посухами_в_Україні.pdf).
2. Fileccia, T., Guadagni, M., Novhera, V. and Bernoux, M. (2014). Ukraine: Soil fertility to strengthen climate resilience Preliminary assessment of the potential benefits of conservation agriculture. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, Rome, Italy.
3. Дем'яненко С., Бутко В. Стратегія адаптації аграрних підприємств України до глобальних змін клімату. *Економіка України*. 2012. № 6, С. 66–72. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/EkUk\\_2012\\_6\\_8](http://nbuv.gov.ua/UJRN/EkUk_2012_6_8)
4. Кучер А. Адаптація аграрного землекористування до змін клімату. *Agricultural and resource economics: international scientific e-journal*. 2017. Vol. 3. № 1. С. 119-138. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/areis\\_2017\\_3\\_1\\_12](http://nbuv.gov.ua/UJRN/areis_2017_3_1_12)
5. Frank, S., Schmid, E., Havlik, P., Schneider, U. A., Bottcher, H., Balkovic, J. and Obersteiner, M. The dynamic soil organic carbon mitigation potential of European cropland. *Global Environmental Change*. 2015. vol. 35, pp. 269-278. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.08.004>.

## ВПЛИВ ПОЗАКОРЕНЕВОГО ПІДЖИВЛЕННЯ НА ВРОЖАЙНІСТЬ НАСІННЯ ОЛІЙНОЇ РЕДЬКИ

Думич В. ел. пошта: v.dumich@i.ua

Львівська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

**Вступ. / Introduction** Редька олійна – цінна культура, що забезпечує виробництво зелених і концентрованих кормів, технічних масел, шроту та макухи. Редька олійна особливо ефективна як сидерат на бідних і важких ґрунтах [Цицюра Я. Г., Цицюра Т. В., 2015].

Середня врожайність насіння редьки олійної у вітчизняних господарствах незначна і тримається в інтервалі 1,0 т/га. На думку науковців [Радченко М.В., 2008], це пов'язано з недотриманням агротехніки вирощування цієї культури. Деякі науковці [Цицюра Я. Г., Ковальчук Ю. О., 2019] стверджують, що вузьким місцем технології вирощування олійної редьки є система удобрення, яка б передбачала поєднання основного і позакореневого підживлення.

Впровадження позакорневих підживлень показало свою ефективність у технологіях вирощування олійних культур таких як соняшник, льон олійний [Климчук М. А., Думич В. В., 2021, Думич В. В., 2019]. Тому вивчення ефективності систем позакореневого підживлення редьки олійної є актуальна наукова проблема, яка потребує наукового вирішення.

**Мета роботи / Aim** – вивчення ефективності використання біопрепаратів для формування насінневої продуктивності редьки олійної.

**Матеріали і методи. / Materials and Methods** Експериментальні дослідження проводились в ґрунтово-кліматичних умовах Західного регіону України на полях Львівської філії УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. Для позакорневих підживлень застосовували біоактиватор росту Азотофіт, біопрепарат Біокомплекс- БТУ для технічних культур та біоінсектицид Актоверм. До робочого розчину біопрепаратів додавали добриво карбамід (10 кг/га) та біоприлипач Ліпосам (0,3 л/га). Загальна схема досліду представлена у таблиці 1.

**Таблиця 1** – Схема досліду застосування біопрепаратів на редьці олійній

Варіант позакореневого підживлення	Фаза росту і розвитку рослин	
	Розетка	Бутонізація
Одноразове внесення (дослід I)	Азотофіт (1,5 л/га)	
Дворазове внесення (дослід II)	Біокомплекс-БТУ для технічних культур (0,35 л/га)	Біокомплекс-БТУ для технічних культур (0,35 л/га)
Одноразове внесення (дослід III)	Азотофіт (1,5 л/га) + Актоверм (4 л/га)	
Дворазове внесення (дослід IV)	Біокомплекс-БТУ для технічних культур (0,35 л/га) + Актоверм (4 л/га)	Біокомплекс-БТУ для технічних культур (0,35 л/га) + Актоверм (4 л/га)

Дослідження проводились на дерново-підзолистих середньо суглинкових ґрунтах. Олійну редьку вирощували на полі з мульчувальною системою обробітку ґрунту, яка передбачала дискування на глибину 15 см та передпосівний обробіток культиватором КПСП-4 і комбінованим агрегатом ЛК-4. Сіяли насіння звичайним рядковим способом з міжряддями 15 см. Одночасно із сівбою проводилось локальне внесення стартової дози мінеральних добрив -  $N_{16}P_{16}K_{16}$  кг д.р./га.

Спостереження, облік та визначення показників впродовж вегетації культури проводили за методами наведеними в КНД 46.16.02.08-95 “Техніка сільськогосподарська. Методи визначення умов випробувань”. Статистичну обробку результатів досліджень виконували відповідно до стандартних методик [Доспехов Б. А., 1985].

### Результати і обговорення. / Results and discussions.

У процесі виконання наукових досліджень проведені фенологічні спостереження за біометричними показниками – висота рослин, густрою стеблостою, кількістю стручків на рослині, кількість насінин у стручку.

На період збирання висота рослин олійної редьки коливалася від 82 см до 92 см. Завдяки поліпшенню системи живлення рослин макро- і мікроелементами, які містяться в мінеральному добриві і біопрепараті, на ділянках з дворазовим внесенням робочого розчину карбаміду та Біокомплексу-БТУ для технічних культур (досліди II та IV) відзначено найбільшу висоту. Структура врожайності редьки олійної наведена в таблиці 2.

**Таблиця 2 – Структура врожайності редьки олійної**

Варіант позакореневого підживлення	Густина стеблостою, шт./м <sup>2</sup>	Індивідуальна насіннева продуктивність рослини					Біологічна врожайність, т/га
		Маса 1000 насінин, г	Кількість стручків, шт.	Кількість насінин в стручку, шт.	Кількість насінин на рослині, шт.	Маса насіння з рослини, г	
Контроль	83,6	8,2	43,6	4,9	213,6	1751,5	1,46
Одноразове внесення (дослід I)	84,0	8,3	45,2	5,1	230,5	1913,2	1,61
Дворазове внесення (дослід II)	84,1	8,5	45,2	5,2	235,0	1974,0	1,68
Одноразове внесення (дослід III)	84,1	8,3	47,2	5,2	245,4	2036,8	1,71
Дворазове внесення (дослід IV)	84,2	8,5	47,5	5,2	247,0	2100,0	1,77

Обробка рослин біопрепаратами сприяла поліпшенню збереженості рослин в процесі вегетації. На період збирання густина продуктивного стеблостою на ділянках, де проведено обприскування біопрепаратами варіювала від 84,0 до 84,2 шт./м<sup>2</sup>, що на 0,4-0,6 шт./м<sup>2</sup> більше порівняно з контролем.

У всіх варіантах з внесеними біопрепаратами відзначено поліпшення показників насінневої продуктивності рослин.

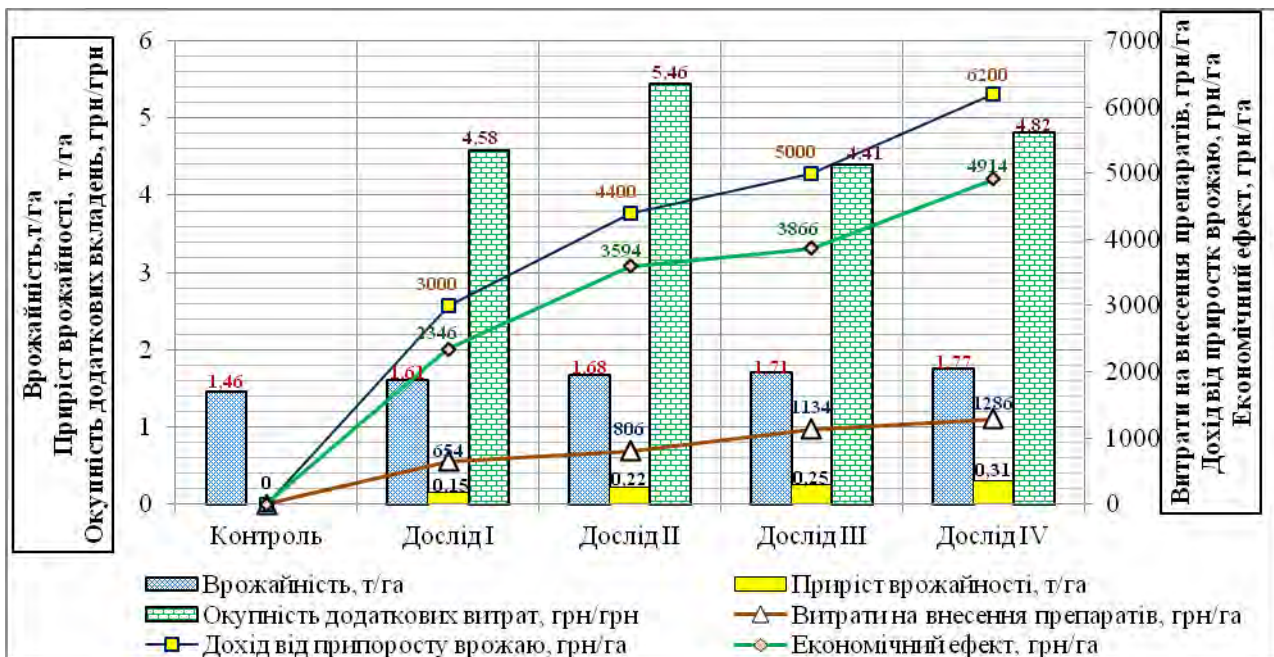
На двох ділянках (досліди III та IV), з метою профілактики та знищення шкідників (хрестоцвітних блішок і ріпакового квітогриза тощо) було проведено обприскування біоінсектицидом Актоверм. Обприскування проводилися у фазі розетки листків та бутонізації. Після внесення біоінсектициду рослини не пошкоджувались. Застосування цього агротехнічного заходу дало змогу рослинам сформувати вищу врожайність насіння порівняно з контролем та іншими ділянками.

У варіанті досліді IV одержано найбільший збір насіння 1,77 т/га, що на 21,2 % більше ніж на контролі. Приріст врожайності склав 0,31 т/га.

На ділянці з дослідом III врожайність насіння становила – 1,71 т/га, приріст врожаю порівняно з контролем – 0,25 т/га (17,1 %). Врожайність насіння на ділянках з дослідом I та II – 1,61 і 1,68 т/га відповідно, а приріст маси насіння – 10,3% та 15,1 %.

Порівнюючи показники врожайності на ділянках – досліді II і IV встановлено, що внесення Актоверму сприяло збільшенню збору насіння на 0,09 т/га. Аналогічні результати одержано і на ділянках, де було проведене одноразове обприскування посівів біоактиватором Азотофіт (досліди I і III) (на ділянці I біоінсектицид не вносився).

Показники ефективності застосування біопрепаратів на посівах олійної редьки наведено на рисунку 1.



**Рисунок 1** – Показники ефективності внесення біопрепаратів препаратів на посівах олійної редьки

Завдяки внесенню біопрепаратів, які спричинили збільшення врожайності насіння олійної редьки, одержано додатковий дохід від реалізації продукції (ціна реалізації 20000 грн/т) в межах від 3000 до 6200 грн/га

Найбільший показник збільшення доходу від реалізації (вартість приросту) одержано на ділянці з варіантом досліду IV. Затрати на біопрепарати та виконання технологічного процесу становили – 1286 грн./га. Економічний ефект від внесення препаратів – 4914 грн./га.

Економічний ефект на ділянці з варіантом досліду III, де поводилось одноразове внесення бакової суміші карбаміду, біоактиватора Азотофіт та біоінсектицида Актоверм з прилипачом Ліпосам становив 3866 грн./га.

На ділянках (досліди I і II), де не проводилось внесення біоінсектициду, ефект від внесення біопрепаратів – 2346 і 3594 грн./га. Ефект від застосування Актоверму склав – 1520 та 1320 грн./га.

Окупність додаткових витрат пов'язаних з позакореневим підживлення коливається в межах від 4,41 до 5,46 грн./грн.

Ефективність застосування позакореневих підживлень редьки олійної відзначено у працях вітчизняних і зарубіжних науковців. Зокрема, [Цицюра Я. Г., Ковальчук Ю. О., 2019] проаналізувавши результати досліджень, прийшли до висновку, що використання комплексних водорозчинних мікродобрив Фолікеа забезпечує високі рівні урожайності високоякісного насіння редьки олійної. Такі висновки підтримує [Волошин Е.И., 2017], який вважає, що ефективним засобом підвищення урожайності та якості насіння редьки олійної є позакореневе підживлення із застосуванням у бакових сумішах, із засобами захисту рослин нових видів добрив, що містять відповідно підібрані комбінації мікроелементів.

Дослідники [Цыганов А. Р., Мастеров А. С., Плевако Е. А., 2014] підтверджують ефективність впливу мікроелементів, регуляторів росту та комплексних препаратів на врожайність насіння олійної редьки. Бо за результатами проведених ними досліджень приріст врожаю від застосування мікродобрив та регулятора росту Екосила на дерново-підзолистих легкосуглинкових ґрунтах склав 0,15-0,47 т/га.

В БГСХА (Білорусь) проводились дослідження щодо передпосівної обробки насіння та позакореневого підживлення рослин олійної редьки регуляторами росту, за результатами яких встановлено, що виконання таких прийомів підвищило насінневу продуктивність на 0,23-0,29 т/га. [Мастеров А. С].

На основі проведеного аналізу досліджень за цією тематикою, які проводились в інших наукових установах, встановлено, що їхні результати зіставні з результатами досліджень, одержаними в процесі виконаної цієї роботи.

## **Висновки. / Conclusions.**

1. Біопрепарати Азотофіт та Біокомплекс-БТУ для технічних культур сприяли підвищенню врожайності насіння редьки олійної на 0,15-0,22 т/га. За сумісного внесення біодобрив та біоінсектициду Актоверм приріст врожаю насіння становив 0,25-0,31 т/га.

2. Збільшення врожайності насіння редьки олійної відбувалось завдяки збільшенню кількості стручків та насіння з однієї рослини, маси насіння.

3. Економічний ефект від внесення біопрепаратів на посівах олійної редьки за різними схемами становить 2346-4914 грн./га. Найбільший ефект одержано на ділянці, де було проведено дворазове внесення біодобрива Біокомплекс-БТУ в баковій суміші з біоінсектицидом Актоверм (дослід IV).

4. Усі варіанти позакореневого підживлення біопрепаратами показали високу окупність додаткових витрат – від 4,41 до 5,46 грн./грн.

Метою подальших досліджень повинно бути визначення ефективності систем позакореневого підживлення із застосування мікроелементів, органо-мінеральних добрив та стимуляторів росту для одержання високих врожаїв насіння і побічної продукції олійної редьки.

## **Література**

1. Волошин Е. И., 2017. Руководство по удобрению капустных культур (ярового рапса, сурепицы, горчицы и редьки масличной): метод. рекомендации. Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск, 2017.

2. Доспехов Б. А. (1985). Методика полевого опыта (с основами статист. обраб. результатов исслед.) – 5-е изд., перераб. и доп. Москва.: Агропромиздат, 1985.

3. Думич В. (2019). Дослідження систем живлення льону олійного. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: Зб. наук. пр. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, Дослідницьке, – Випуск 25 (39), – С. 182-187. DOI: 10.31473/2305-5987-2019-2-25(39)-20

4. Климчук М., Думич В. (2021). Ефективність позакореневого підживлення соняшнику в Західному регіоні України. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: Зб. наук. пр. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, Дослідницьке, – Випуск 28 (42), – С. 237-248. DOI: 10.31473/2305-5987-2021-1-28(42)-20

5. Мастеров А. С. Регуляторы роста в системе удобрения редьки масличной. Відновлено з <https://elib.ggau.by/bitstream/123456789/881/1/226-228.pdf>

6. Радченко М. В., 2008. Насіннева продуктивність редьки олійної залежно від умов мінерального живлення. Селекція і насінництво, 95, 28-32 DOI: <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2008.84777>

7. Цицюра Я. Г. Ковальчук Ю. О., 2019. Вплив позакореневих підживлень на формування якісних показників насіння редьки олійної в умовах Лісостепу Правобережного України. Рослинництво, сучасний стан та перспективи розвитку, 15, 30-44. DOI: 10.37128/2707-5826-2019-4-3

8. Цицюра Я. Г., Цицюра Т. В., 2015. Редька олійна. Стратегія використання та вирощування: монографія. Вінниця: ТОВ - Нілан ЛТД, 2015

9. Цыганов А. Р., Мастеров А. С., Плевко Е. А., 2014. Урожайность и качество семян редьки масличной в зависимости от применения микроудобрений и регуляторов роста. Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии : научно-методический журнал, 3, 68-72.

## РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ТЕРМОЛІЗНОЇ ПЕРЕРОБКИ КОСТРИЦІ ЛЬОНУ

Лілевман І., ел. пошта: [igorlilevman@ukr.net](mailto:igorlilevman@ukr.net),

Лілевман О.,

Південно-Українська філія УкрНДІПВТ ім. Л.Погорілого

Бергер Є., канд. тех. наук, доцент,

Херсонський національний технічний університет

**Вступ. / Introduction.** Зараз зберігання ресурсів все більше стає актуальним, бо змінюється співвідношення між засобами виробництва і витратами праці завдяки зростанню її продуктивності. Досягається такий стан суспільного виробництва, за якого економія стає вирішальним джерелом зростання народного господарства. Багато резервів економії і, перш за все, це стосується впровадження енергоощадних технологій, до цих пір в Україні використовується недостатньо [1].

Питання поліпшення екологічного стану в цей час теж розглядається, як дуже актуальне. Погіршення екології – одна з істотних характеристик в системі глобальних змін в динаміці економічного зростання. Екологічні обмеження прискорюють перехід на ресурсоощадний тип розвитку виробництва [2].

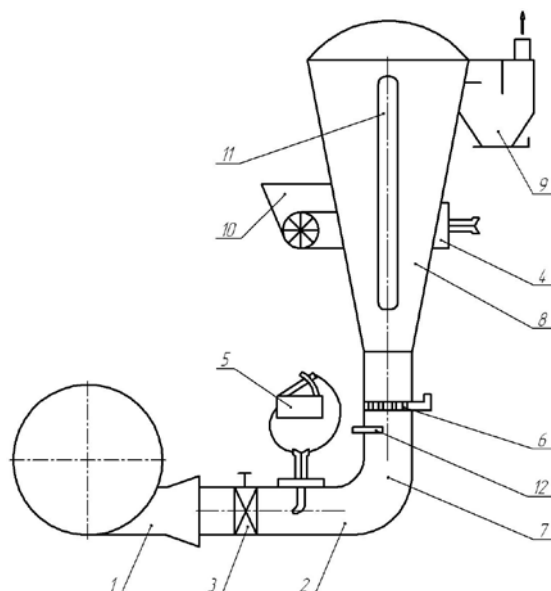
**Мета роботи./Aim.** Дослідження імпульсного методу активації деревного вугілля з костриці льону та поведінки сировини костриці льону у процесі переробки. Розробка обладнання для активації деревного вугілля імпульсним методом.

**Матеріали і методи. / Materials and methods.** Розробка обладнання та проведення досліджень для активації деревного вугілля імпульсним методом на основі досягнутого наукового та технічного рівня.

З відомих методів активації найбільший інтерес викликає метод «киплячого» шару. «Киплячий» шар виникає, коли швидкість потоку повітря і газів крізь шар сировини перевищує швидкість, за якої зберігається стійкість щільного шару цієї сировини. За таких умов газоповітряний потік не циркулює в шарі, а прямоточно продуває його. За нормального «кипіння» шар сировини збільшується в (1,5-3) рази в порівнянні з щільним шаром [3-5].

Дослідження проводилися лабораторною установкою (рис. 1). Визначалися такі аеродинамічні характеристики частинок деревного вугілля: швидкість витання частинок (м/с); критична концентрація завантаженого матеріалу (кг/м<sup>3</sup>); швидкість віднесення частинок з робочої камери (м/с).





1 – вентилятор; 2 – повітряний канал; 3 – шибер; 4 – пневматична трубка; 5 – мікроманометр;  
6 – колосникова решітка; 7 – скляний циліндр; 8 – робоча камера; 9 – бункер-осаджувач;  
10 – завантажувальний пристрій; 11 – вікно для спостережень; 12 – місце для виміру статичного тиску

**Рисунок 1 -** Схема лабораторної установки для визначення аеродинамічних характеристик деревного вугілля

Всі експериментальні дані за аеродинамічними показниками деревного вугілля зведені в таблиці 1.

**Таблиця 1 -** Аеродинамічні характеристики деревного вугілля

Показники	Фракції деревного вугілля		
	дрібна	велика	суміш
Швидкість витання частинок, м/с	0,71	0,84	0,80
Критична маса завантаженої порції деревного вугілля, кг	0,24	0,20	0,22
Критична концентрація завантаженого деревного вугілля, кг/м <sup>3</sup>	2,55	2,13	2,34
Швидкість віднесення частинок, м/с	2,18	2,50	2,38

У ретортах з «киплячим» шаром продукти, які активуються, і гази ґрунтовно перемішуються. За таких умов порівняно з печами інших конструкцій значно скорочується час активації.

**Результати і обговорення. / Results and discussion.** Процес може бути безперервним і періодичним. Відомі багатоступінчасті реактори, які складаються з вертикально або горизонтально розташованих камер з переходами між ними, а також реактори з великим числом відділень. У реакторі з кількома розташованими один над одним решітками активоване вугілля безперервним потоком проходить зверху вниз, а робочі і активаційні гази подаються в протитечії [6].

Проте вимоги до температурного режиму і часу витримки частинок в багатоступінчатому реакторі більш жорсткі, ніж за використання реактора з однією активаційною зоною. Крім того вугіль-сирець, що подається у верхню зону реактора з «киплячим» шаром, через значне насичення і нерідко високий вміст вологи має велику щільність у порівнянні з активованим вугіллем. Тому для забезпечення «кипіння» шару необхідна більша витрата робочого газу, для чого він подається під верхню решітку. Газо- або пароподібні продукти розкладання, які виходять з розташованого нижче «киплячого» шару, згорають з виділенням теплоти [7].

Реактор з «киплячим» шаром більш простої конструкції має герметичну циліндричну або прямокутну активаційну камеру, забезпечену перфорованими розподільними решітками, через які поступають активаційні гази. За дуже тривалого перебування в реакторі сировини можливе сильне вигорання частинок вугілля, за короткочасного – недостатньо повна активація, тому час знаходження частинок в зоні реакції повинен бути по можливості однаковим. Крім того, середня температура, кожної частинки повинна відповідати середній температурі шару, а температура над і під шаром повинна бути однаково високою. Ці умови краще всього виконуються за висоти шару в реакторі не більше 10 см, а оптимальною є висота (3-7) см.

Нагрівання реактора з «киплячим» шаром представляє значні труднощі. Існує також небезпека виносу пилу в результаті сильного стирання вугілля при перемішуванні. Якщо гази для обігріву поступають через решітки, то через високу температуру, необхідної для процесу активування, частинки золи, які осідають на розподільних решітках, можуть почати спікатися, забити решітки і перешкоджати надходженню газового потоку. Внаслідок цього можливі нерівномірність «кипіння» шару, посилене стирання вугілля і винос пилу.

Процес можна оптимізувати, використовуючи для прямого обігріву внутрішнього об'єму реактора тепло, отримане під час згорання  $\text{CH}_2$  що утворюється в процесі активування водяною парою. Проте в цьому випадку необхідне строге дозування кисню, щоб уникнути надмірного обгорання поверхні частинок вугілля і скорочення виходу продукту. Інша можливість підвищення продуктивності полягає в додатковому підведенні тепла для зовнішнього обігріву реактора, в який нагріті активуючі гази подаються з швидкістю, яка забезпечує «кипіння» шару вугілля. Розділення зовнішнього обігріву і псевдозрідження дозволяє автономно регулювати подачу тепла і швидкість газу в «киплячому» шарі. Це створює можливість м'якого активування різної сировини.

Застосування описаного методу отримання активованого вугілля з відходів переробки льону і конопель дасть змогу підприємствам галузі збільшити безвідходність виробництва, залучити в господарський оборот додаткові

сировинні ресурси, принести додатковий прибуток заводам і підвищити їхню рентабельність.

### **Висновки. / Conclusions.**

1. За проведеними теоретичними і експериментальними дослідженнями запропоновано і розроблено метод активації вугілля з костриці льону.

2. За визначеними параметрами запропонована та виготовлена установка для одержання активованого вугілля з костриці льону

3. Встановлені теоретичні залежності та оптимальні параметри процесу переробки.

4. На підставі матеріалів статті можна рекомендувати промислову технологічну схему процесу термолізної переробки костриці льону в сорбенти.

### **Література**

1. Основные направления научных исследований в области первичной обработки волокнистых материалов: Учеб. пособие. Чурсина Л. А., Клевцов К. Н., Бергер Е. Э. К. УМК, – 1996. – 86с.

2. Чурсина Л. А., Антонов С. И., Бергер Е. Э.. Активирование угля в роторах с «кипящим слоем». Ресурсосберегающие технологии в первичной обработке натуральных волокон. Сб. науч. трудов. К. УКРНИИТЭЙ. – 1995. – С. 17-19.

3. Бергер Е. Э., Чурсина Л. А., Клевцов К. Н.. Активирование газами. Ресурсосберегающие технологии в первичной обработке натуральных волокон. Сб. науч. трудов. К. УКРНИИТЭЙ. – 1995. – С. 19-21.

4. Шостак А. Я., Чурсина Л. А., Антонов С. И., Бергер Е. Э.. Определение аэродинамических характеристик угля-сырца при активации в реакторах «кипящего слоя». Сб. науч. трудов. К. Министерство экономики Украины. ЦБТИ легкой и текстильной промышленности. – 1995. – С. 18-19.

5. Кунин Д., Левеншпиль О. Промышленное псевдоожигение. Перевод с английского. М. Химия. – 1976.

6. Чурсина Л. А., Клевцов К. Н., Бергер Е. Э., Шостак А. Я. Основы термолізної утилізації костры льна и конопли. Научный прогресс в производстве натуральных волокон. – Сб. науч. трудов. К. Министерство экономики Украины. ЦБТИ легкой и текстильной промышленности. – 1995. – С. 21-22.

7. Шостак А. Я., Чурсина Л. А., Антонов С. И., Бергер Е. Э.. Факторы влияющие на распределение пор и скорость активирования углей. Научный прогресс в производстве натуральных волокон. К. Министерство экономики Украины. ЦБТИ легкой и текстильной промышленности. – 1995. – С. 22-24.

## ОБЛАДНАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ З ПОЛИВНОЮ ВОДОЮ ДОЩУВАЛЬНИМИ МАШИНАМИ

Сидоренко В., sid\_vladimir@ukr.net

Південно-Українська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

**Вступ.** Застосування мінеральних добрив є одним із основних важелів підвищення врожайності та відновлення родючості ґрунтів. Науковий досвід показує, що між рівнем застосування мінеральних добрив і валовим збором сільськогосподарської продукції існує пряма залежність [1].

Для збільшення продукції зі зрошувальних земель та зниження затрат на її отримання необхідні своєчасне забезпечення рослин елементами живлення і створення найбільш сприятливого водно-повітряного режиму у ґрунті.

Водночас сучасне с.-г. виробництво вимагає особливої уваги до збереження родючості ґрунту, тому добрий агроекологічний стан зрошуваних земель є необхідною передумовою їхнього ефективного використання і розроблення та здійснення заходів, спрямованих на його поліпшення, входять до числа пріоритетних.

Це зумовлює необхідність вирішення питань з розроблення та впровадження технологій, які повинні передбачати не тільки отримання максимальних та високоякісних врожаїв, але й ефективного використання поливної води, покращення меліоративного стану ґрунтів, зниження собівартості продукції та зменшення затрат ручної праці.

Одним із шляхів інтенсифікації зрошуваного землеробства, за якого дотримуються вимоги до ефективного використання мінеральних добрив, збереження агроекологічного стану ґрунтів та зниження ресурсовитрат є багатопільове використання зрошувальної техніки, а саме суміщення поливів з внесенням мінеральних добрив разом з поливною водою (фертигація).

Висока ефективність фертигації визначається тим, що удобрювальні речовини в легкодоступній формі можуть вноситися на тих етапах розвитку рослин, коли вони найбільш потрібні. За таких умов забезпечується більш рівномірний розподіл добрив, підвищується коефіцієнт їхнього використання, поліпшується якість продукції.

Традиційні методи внесення добрив – поверхневе розкидання, внутрішньогрунтове внесення часто не забезпечують достатньо рівномірного розподілу поживних речовин по полю і мають тільки часткову ефективність і водночас мають багато недоліків [2-4].

Тому впровадження фертигації стало природним та ефективним кроком у розвитку с.-г. технологій, що дало змогу успішно застосувати цю операцію на

зрошувальних землях, використовуючи за таких умов наявне зрошувальне обладнання.

Найбільшого розвитку ця технологія набула у крапельному зрошенні – застосовуються різноманітні пристрої, як то інжектори, дозатори.

Що стосується дощувальної техніки, то в Україні до порівняно недавнього часу прийомам і способам багатоцільового використання дощувальних машин не приділялося уваги.

**Мета роботи.** Дослідження різних типів обладнання для внесення добрив з поливною водою із застосуванням дощувальних машин. Аналіз практики впровадження сумісного внесення добрив та ефективності використання технології фертигації.

**Матеріали і методи.** Одним з найголовніших питань у зрошувальному землеробстві є його екологічна складова, а саме співвідношення комплексу природних умов навколишнього середовища з перетворювальною господарською діяльністю людини.

За даними досліджень, з внесенням мінеральних добрив у вигляді сухих туків на 40 % знижується коефіцієнт їхнього продуктивного використання [1]. Через значну частку втрат добрив, що йдуть на підвищення концентрації ґрунтових розчинів, створюється екологічно небезпечне середовище для рослин. Крім цього, за сухого внесення добрив не виключена можливість їх змиву опадами і, як наслідок, забруднення знижених ділянок та водоймищ.

За своїм принципом фертигація виключає негативний вплив хімікатів на навколишнє середовище - слабоконцентрований поживний розчин (не більше 0,3-0,5 %) зосереджується в активному кореневому шарі ґрунту і майже повністю поглинається рослинами, що виключає винос його в більш глибокі шари ґрунту. З цього випливає, що удобрювальні поливи сприяють більш продуктивним витратам води та поживних речовин на одиницю врожаю.

Внесення мінеральних добрив з поливною водою повністю відповідає ідеї багатоцільового використання дощувальної техніки, підвищує ефективність води і добрив, поліпшує екологічні умови під час вирощування сільськогосподарської продукції.

Поєднання операцій поливу і внесення добрив виключає застосування низки спеціальних машин, розширює можливості застосування їхніх рідких форм.

Внесення живильних речовин разом з поливною водою є найбільш ефективним способом їх доставки до кореневої системи рослин, що істотно підвищує врожай сільськогосподарських культур.

Питаннями ефективності фертигації займалися провідні українські науковці (Ківер В. Х., Онопрієнко Д. М.). Вони провели ряд дослідів з використання

сумісного внесення добрив з поливною водою у вирощуванні кукурудзи на зерно із застосуванням дощувальних машин.

Результати багаторічних досліджень показали, що використання фертигації порівняно з роздільним (сухим внесенням) добрив дало змогу добитися приросту врожаю до 17 %. За таких умов покращується і якість зерна [2].

Як інформаційну бази досліджень було використано результати випробувань обладнання для фертигації виробництва декількох закордонних компаній (в Україні подібне обладнання не виробляється), власних досліджень та аналізу матеріалів публікацій науковців стосовно дослідженого питання.

**Результати і обговорення.** Дощувальні машини забезпечують високу рівномірність розподілення поливної води, а разом з нею і мінеральних добрив - значення коефіцієнтів рівномірності розподілу води складає 80-90 %.

За цих умов вони підтримують норми поливу, які відповідають всмоктувальній здатності ґрунту, що виключає винос їх за межі зрошувальної ділянки.

До добрив для фертигації застосовуються в основному такі ж вимоги, як і до крапельного зрошення: повна розчинність у воді з утворенням мінімальної кількості шламу, мінімального корозійного впливу на металоконструкції зрошувальних систем та дощувальної техніки.

Переважна частина основних азотних та калійних туків, які використовуються у вирощуванні с.-г. продукції, добре розчинні у воді.

З азотних добрив на практиці найбільше використовується аміачна селітра, сечовина (карбоніт) та сульфат амонію, що мають високу розчинність у воді та утворюють невелику кількість шламу.

Більшу перевагу має карбоніт, який містить 46 % азоту і є найконцентрованішим азотним добривом. Аміачна селітра має більшу агресивність до металоконструкцій та частково втрачає аміачну форму азоту у випаровуванні під час процесу дощування.

За фертигації способом дощування необхідно дотримуватися допустимої концентрації удобрювальних розчинів. Проблема виникає під час проведення вегетаційних підживлень, оскільки добрива впливають на надземну частину сільськогосподарських культур.

Величина гранично допустимих концентрацій розчинів варіює в широкому діапазоні і визначається різноманітним числом факторів. Перш за все вона залежить від форм і видів застосовуваних туків, чутливості надземних органів рослин, фаз розвитку, погодних умов та технології процесу фертигації.

Сільськогосподарські рослини найбільш чутливі до удобрювальних розчинів на ранній стадії розвитку. Тому саме в цей період пред'являються найбільш жорсткі вимоги до концентрації цих розчинів. Максимальна допустима

концентрація удобрювальних речовин в поливній воді за дощування становить для азоту і складних сполучень – 0,5-1 %, фосфору - 2 % і калію – 3 % [5].

Численні дослідження і практика удобрювального зрошення показують, що нешкідливими для рослин є розчини добрив в концентраціях до 0,3 % (3г/л).

Обладнання для фертигації складається з бака для приготування маточного розчину добрив, насоса-дозатора та пристрою перемішування маточного розчину у баку для підтримки його заданої концентрації.

Насоси-дозатори – поршневого, або діафрагмового типу, призначені для дозованої подачі розчину в трубопровід дощувальної машини. Привод насоса здійснюється від електродвигуна, який живиться від електричної системи дощувальної машини. Міксер призначений для перемішування з водою та приготування маточного розчину добрив. Перемішування здійснюється або механічним способом (привод від окремого електродвигуна), або стисненим повітрям за допомогою компресора.

На цей час українські с.-г. виробники використовують для фертигації з дощуванням обладнання трьох основних закордонних компаній – «ITL SL», Іспанія (рис.1), «Inject-O-Meter Mfg.Co.) (рис.2), «Agri-Inject, Inc.» США (рис.3-4).



**Рисунок 1** - Застосування обладнання «ITL SL» для підживлення соняшника



**Рисунок 2** - Застосування обладнання inject-O-Meter» для підживлення соняшника

Найбільшого поширення в останні роки набули насос-дозатори марки «Agri-Inject G5» з максимальною подачею 416 л/год. компанії «Agri-Inject, Inc».

Насос-дозатор (рис.4) складається з мембранного насоса, черв'ячного понижувального редуктора з кривошипно-ексцетриковим механізмом, електродвигуна привода кривошипного механізму, мікрометричного регулятора регулювання ходу шатуна кривошипного механізму.

Рідин всмоктується та подається під час зворотно-поступального руху діафрагми насоса. Подача насоса залежить від довжини ходу шатуна кривошипного механізму і задається залежно від необхідної норми внесення добрив за допомогою мікрометричного регулятора, у межах від 0 до 100 % його

максимальної продуктивності. Він живиться електроенергією від електричної мережі дощувальної машини.



**Рисунок 3** - Застосування обладнання «Agri-Inject» для підживлення озимої пшениці



**Рисунок 4** - Загальний вигляд насоса-дозатора «Agri-Inject» в складі обладнання

Останні декілька років передові господарства півдня Херсонщини для підживлення зернових та просапних культур застосовують внесення рідких азотних добрив КАС з поливною водою дощувальних машин.

Південно-Українською філією у 2018-2019 р.р. були проведені дослідження з використання обладнання «Agri-Inject» для внесення КАС дощувальними машинами марки «Valley».

Як відомо КАС (карбамідно-аміачна суміш) є рідким добривом, яке містить суміш розчинів карбаміду та аміачної селітри, не містить вільного аміаку і має певні технологічні переваги перед іншими азотними добривами.

Агробіологічні переваги КАС обумовлені наявністю в їхньому складі всіх трьох форм азоту – амідної, амонійної та нітратної.

Під час внесення КАС з поливною водою, відпадає необхідність застосування технологічного прийому приготування добрива під час проведення фертигації - добриво вже готове до застосування.

Концентрація КАС у поливній воді повинна бути невеликою і не перевищувати 0,5-1,0 %, щоб запобігти опікам рослин.

Під час досліджень застосовувалося добриво марки КАС-32 (сумарна кількість азоту 32 %) для підживлення таких культур як кукурудза, озима пшениця, соняшник, ріпак, соя. У різні фази вегетації проводилося 1-2 внесення КАС-32 нормою 100 кг/га.

Значення тиску впорскування робочого розчину складало 0,45-1,0 МПа, концентрація добрив у поливній воді не перевищувала 0,5 % і складала 0,033-0,044 %.

Як наслідок, були отримані високі показники врожайності цих культур: на озимій пшениці в середньому – 70 ц/га, кукурудзі – 100-110 ц/га, сої – 38-40 ц/га.

За таких умов конструкція складових частин та технологічна схема роботи обладнання дає змогу використовувати його з різними за характеристиками та



марками дощувальними машинами, що підвищує універсальність та мобільність його застосування.

**Висновки.** Процес комплексного регулювання водного та поживного режиму ґрунту сумісним внесенням добрив з поливною водою, крім високої ефективності їхнього використання, піднімає культуру зрошувального землеробства на більш високий економічно доцільний рівень завдяки:

- скороченню затрат праці, матеріальних засобів та енергії на виробництво одиниці сільськогосподарської продукції;

- приросту врожаю (за правильного поливного режиму і загального високого рівня агротехніки – перевищує суму приросту від роздільної дії цих факторів);

- повній механізації та автоматизації всіх операцій, пов'язаних з приготуванням та використанням поживних розчинів;

- можливості використання добрив у малих дозах протягом вегетаційного періоду та їх внесення на тих етапах розвитку рослин, коли їм найбільше необхідні елементи живлення та вологи. За таких умов забезпечується більш рівномірне розподілення елементів живлення по площі, розширюється можливість покращення якості продукції завдяки проведенню пізніх підживлень незалежно від фази розвитку рослин;

- можливості зменшення ущільнення орного шару ґрунту завдяки скороченню кількості проходів спеціальних сільськогосподарських машин.

### Література

1. Сидоренко В. В. Дослідження та наукова експертиза технологій зрошення з одночасним внесенням мінеральних добрив : Звіт про НДР / Південно-Українська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого: №. 0111U009412, – Херсон, – 2012 р.

2. Ківер В. Х., Онопрієнко Д. М. Фертигація і гербігація в зрошуваному землеробстві України: монографія. Дніпро, – 2016. – 147 с.

3. Francis C. (1980). Developing hybrids of corn and sorghum for future cropping systems. Annual Corn Sorghum Res. Conf. 35, 32-47.

4. Thorup R. (1983). Uniform application – key to maximum yields. Utah: Farmer – Stockman. 103, № 5, 5.

5. Сидоренко В. В., Мігальов А. О., Негуляєва Н. М., Митрофанов О. П., Малярчук В. М. Фертигація як захід інтенсифікації зрошуваного землеробства: наукове видання;/ за ред. В. І. Кравчука; УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, – Дослідницьке, – 2016. – 112 с.

## МЕТОДИ ВИБОРУ РАЦІОНАЛЬНИХ ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ЗРОШЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ УГІДЬ

**Таргоня В.**, д-р с.-г. наук,

електронна пошта: [targonva@ukr.net](mailto:targonva@ukr.net);

УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

**Сидоренко В.**, [sid\\_vladimir@ukr.net](mailto:sid_vladimir@ukr.net)

Південно-Українська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

**Бондаренко О.**, [akro18@ukr.net](mailto:akro18@ukr.net)

УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

**Вступ.** Згідно із сучасними прогнозами, кількість сільськогосподарських угідь в усьому світі, які необхідно буде зрошувати, щоб прогодувати 9 мільярдів людей у світі до 2050 року, може скласти до кількох мільярдів гектарів, що набагато більше, ніж припускають зараз учені. Результатом стане набагато більше навантаження на водоносні горизонти, а також ймовірне збільшення негативного впливу сільського господарства на природні екосистеми [1, 2].

На зрошення зараз припадає близько 70 % забору прісної води в усьому світі. Близько 90 % води, яка використовується для побутових і промислових потреб, зрештою повертається у водоносний горизонт, але тільки близько половини води, яка використовується для зрошення, можна використовувати повторно. Випаровування, евапотранспірація з рослин і втрати під час доставки, наприклад, через негерметичні труби, назавжди видаляють решту з кругообігу води.

Збільшення зрошуваних площ буде призводити до розширення сільськогосподарських угідь завдяки природним екосистемам з подальшою втратою біорізноманіття, яка також може бути більше, ніж очікувалося. Водночас потреба в більшій кількості води для зрошення означає меншу кількість води для інших секторів і, отже, більше навантаження на водні ресурси.

Попередні дослідження показали, що окрім тривіального засолення ґрунтів, зрошення може впливати на клімат, змінюючи температуру поверхні і кількість водяної пари в атмосфері, які є критичними компонентами моделювання клімату. Ці фактори впливають на формування хмар і кількість сонячної радіації, яка або міститься в атмосфері, або відбивається назад у космос [3]. .

Роль зрошення за умов зрослих тенденцій до глобального потепління, продовольчої кризи та інших чинників буде постійно підвищуватись і його подальший розвиток як у світі, так і в Україні, з огляду на зростання потреби води під час його застосування, необхідності забезпечення екологічної безпеки, а також

ресурсо- й енергозбереження повинен здійснюватися виключно по інноваційній моделі. А саме - оптимізація водокористування завдяки використанню більш досконалих режимів зрошення, новітніх технологій і систем управління ним (комп'ютеризація, інформаційні й локальні технології, інші складові точного землеробства).

Україна теж належить до тих країн, де зрошення є одним з визначальних факторів загального стану виробництва с.-г продукції, її експорту та забезпечення продовольчої безпеки держави [4, 5]. За таких умов природна родючість українських ґрунтів у поєднанні з сучасними технологіями вирощування може дати високі врожаї. Але ні сучасні технології, ні новітні сорти гібридів не зможуть забезпечити ефективного рослинництва, коли бракує головного джерела життя на Землі – води.

На сьогодні парк дощувальних машин в господарствах для поливу зернових, технічних та інших культур все більше формується зрошувальною технікою, що відтворює всі загальні сучасні тенденції її розвитку в плані енергоощадливості, екологічної безпеки та інтелектуалізації – використання сучасних інформаційних технологій.

**Мета роботи** – підвищення ефективності використання та екологічної безпечності систем зрошення удосконаленням методів вибору раціональних техніко-технологічних рішень зрошення сільськогосподарських культур з урахуванням екологічної складової.

### **Матеріали і методи.**

Як інформаційної бази досліджень було використано результати випробувань нової техніки та обладнання для іригації за період 2010-2020 років, проведених спеціалістами лабораторії досліджень і випробувань машин та технологій зрошення Південно-Української філії УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого і рекомендованої до включення до Державного реєстру сільськогосподарської техніки та обладнання.

Методи досліджень – методи вибору та проектування біосферно спрямованих інженерних рішень та агротехнологій академіка В. І. Кравчука [6].

### **Результати і обговорення**

Питання вибору тієї чи іншої дощувальної машини в кожному окремому випадку, виходячи з конкретних умов експлуатації та досягнення мети її використання є найбільш важливим у розробленні проекту зрошення культур у сівозмінах та визначенні проектних технічних та експлуатаційних параметрів дощувальних машин.

Принципи визначення і вибору дощувальної техніки (її тип та марка, технологічна схема поливу, продуктивність, технічні показники, конфігурація), як складової парку засобів механізації того чи іншого агропідприємства в загальному

і локальному плані відрізняється від підбору с.-г. машин іншого призначення, будь то ґрунтообробна, посівна чи збиральна техніка.

На цей процес впливає велика кількість різних чинників, а саме:

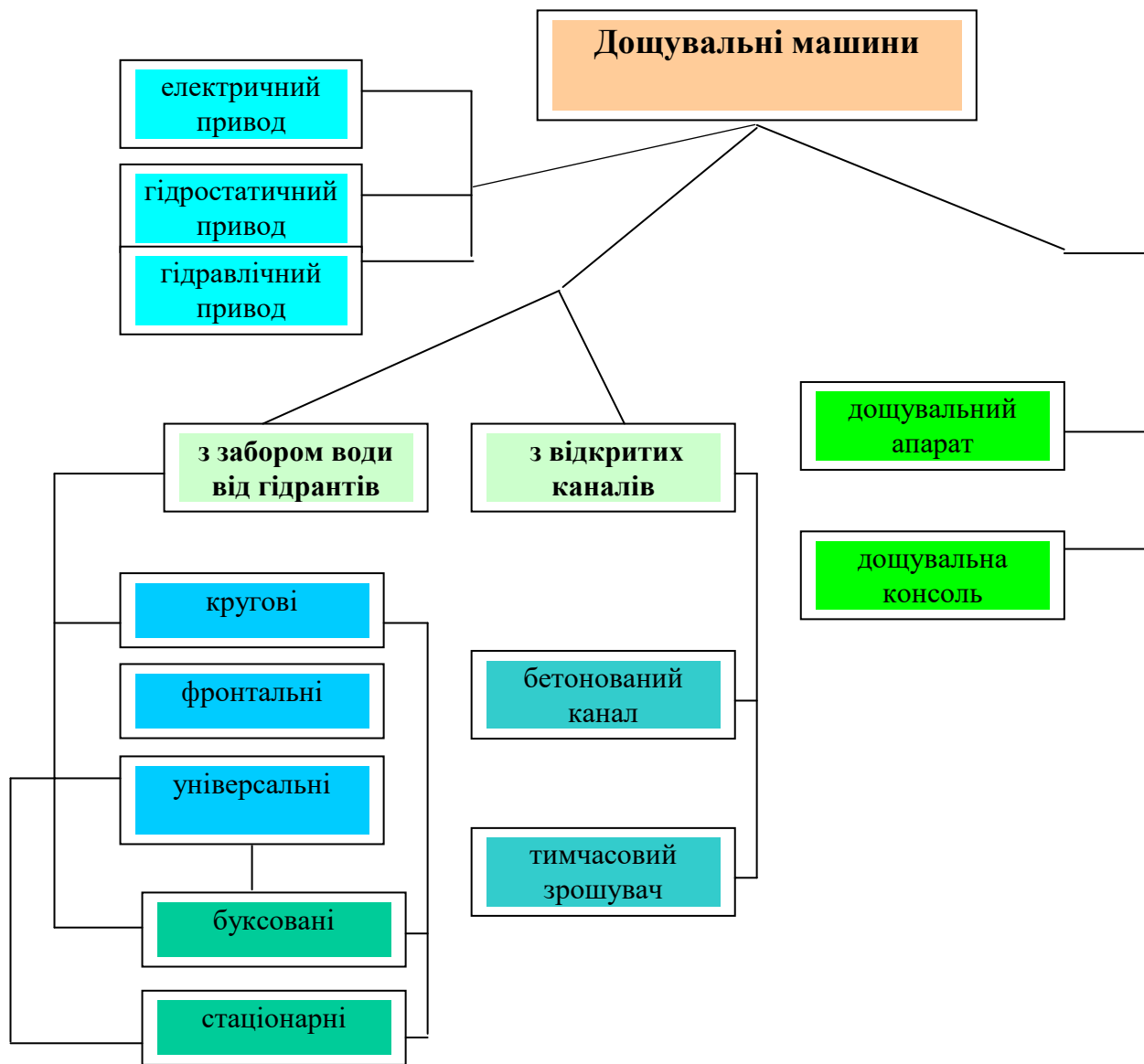
- наявність джерела водозабору та насосно-силового обладнання з достатніми відповідно дебітом води та резервом продуктивності і потужності для живлення зрошення масиву,
- наявність зрошувальної мережі (канали, трубопроводи відповідного перерізу);
- умови розміщення дощувальних машин - культура, яка зрошується, властивості ґрунту, площа зрошення, довжина гону, рельєф місцевості, позиціонування машини на місцевості з врахуванням наявності перешкод (будівель, доріг, лісосмуг, ліній електропередач), гідромодуля зрошувальної системи;
- заявлена продуктивність дощувальної машини, основною складовою якої є проектні витрати води по машині, що зі свого боку прямо залежні від гідромодуля зрошувальної мережі, площі обслуговування дощувальної машини, екологічної складової;
- структура посівних площ в сівозмінах, з якою пов'язана також і технологічна схема поливу (одно - двопозиційна);
- необхідний напір на гідранті закритої зрошувальної мережі, який забезпечує як роботу машини з оптимальними показниками якості дощування, так і економічно-енергетичну складову в плані використання найменшого напору, який би забезпечував задані витратні характеристики роботи спринклерів по ширині захвату машини.

Враховуючи всі ці основні складові, здійснюється визначення конструкції дощувальної машини - тип водозабору; спосіб поливу (круговий, фронтальний, комбінований); її конфігурація – ширина захвату, кількість та діаметр труб прольотів; технічні параметри та інше.

На блок схемі (рис. 1) представлена класифікація дощувальних машин за перерахованими вище параметрами, яку пропонуються на ринку зрошувального землеробства України.

Якість поливу дощувальної машини з точки зору впливу штучного дощу на ґрунт, характеризується структурою дощу, яку вона створює (інтенсивність, крупність крапель, енергетична дія) та відповідністю цього дощу властивостям ґрунту, стану його поверхні, рельєфу місцевості зрошуваного поля кожного окремого агропідприємства.

Другим важливим фактором екологічно безпечного зрошення є поливний режим та технологія поливу - спосіб видачі тих чи інших поливних норм, які входять у поливний режим.



**Рисунок 1** - Класифікація дощувальних машин залежно від способу водозабору, типу приводу, технологічної схеми поливу

Технологічний процес, який виконується дощувальними машинами забезпечується такими параметрами як напір та витрати води, при цьому останні разом зі швидкістю руху машини дають можливість реалізації різних поливних норм. Зі свого боку від витрат води та поливної норми залежить і продуктивність дощувальних машин, яка прямо пропорційна витратам води і обернено пропорційна нормі поливу:

Отже, оптимальні поливні режими повинні використовуватися з урахуванням як технічної характеристики дощувальних машин, так і їхніх технологічних можливостей.

На рисунку 2 представлено алгоритм вибору зрошувальної техніки стосовно умов конкретного агропідприємства.

## Вихідні дані



**Рисунок 2** – Алгоритм вибору зрошувальної техніки стосовно умов конкретного агропідприємства

Іншими словами параметри сучасних дощувальних машин повинні відповідати умовам їхнього розміщення (культура, яка зрошується, властивості

грунту, площа зрошення, довжина гону, рельєф місцевості та ін.) і можливості реалізації екологічно безпечних технологій поливу за потрібних рівнів врожайності

Структура посівних площ в сівозмінах на зрошуваних землях повинна сприяти оптимальному забезпеченню сільськогосподарських культур вологою завдяки впровадженню науково-обґрунтованих режимів зрошення з чітко визначеними строками, нормами та кількістю поливів протягом вегетаційного періоду рослин.

За таких умов максимальні витрати води у критичні періоди вегетації сільськогосподарських культур сівозміни повинні відповідати пропускній здатності трубопроводів та потужності насосних станцій і сприяти повній завантаженості зрошувальних систем.

В технологічній ланці вирощування с.-г. продукції застосування техніки для зрошення – саме дощувальних машин, засобів доставки води (насосні станції, зрошувальні мережі – трубопроводи, канали) займає доволі велику складову у собівартості продукції

*Першим кроком* вибору зрошувальної техніки є аналіз показників конкретного агропідприємства, а саме:

- структура посівних площ на зрошенні залежно від спеціалізації господарства;
- наявність та тип зрошувальної мережі;
- наявність та доступність джерел водопостачання, кількісні та якісні показники поливної води тощо.

*Другим кроком* (за потреби) є вибір типу зрошувальної мережі (внутрішньогосподарська відкрита, закрита трубопровідна з застосуванням стаціонарних та пересувних насосних станцій, крапельне зрошення).

*Третім кроком* є підбір дощувальних машин залежно від способу водозабору, типу приводу, технологічної схеми поливу.

Регістр дощувальної техніки являє собою науково-класифікований за типами і класами об'єктивно ранжований їх перелік (базу даних), який єднає в собі науково-методичні викладки, результати випробувань та суб'єктивно експертний взаємозв'язок досконалості конкретної машини за основними конструкційними ознаками та параметрами конфігурації, ресурсними і технологічними можливостями суб'єкта господарювання.

У загальному плані реєстр сучасної широкозахватної дощувальної техніки включає у себе такі основні показники та параметри:

- типи машин за технологічною схемою поливу та способу водозабору;
- конструктивні особливості – конструкція центральної опори або силового візка, водозабірною пристрою, різновидність системи управління рухом

фронтальних машин по курсу, тип шарнірного з'єднання прольотів та системи вирівнювання проміжних візків;

- номенклатура машин за довжиною прольотів дощувальної ферми, діаметру труб та довжин консолей, кліренсу дощувальної ферми (висоти проміжних візків);

- основні технічні параметри – витрати води на машині, рекомендований тиск на вході.

Такий реєстр дає можливість агропідприємству в загальному плані скласти уявлення про конструкційні особливості, показники та параметри дощувальних машин того чи іншого виробника. Вибір же конкретної машини буде вже залежати від потреб і можливостей самого господарства в технічному, технологічному, агрономічному та економічному плані та умов розміщення та використанні цих машин.

### **Висновки**

Отже, узагальнюючи вищесказане, можна зробити висновок, що для вибору як конкретної дощувальної машини для визначеної площі поливу, так і під час складання проекту зрошення зрошувального масиву полів сівозміни, необхідно враховувати дуже багато чинників.

Постачальники зрошувальної техніки, як дилери закордонного виробника, так і вітчизняні виробники, приймаючи вимоги замовника враховують всі ці чинники під час складання проекту зрошення і вибору дощувальної машини тієї чи іншої конструкції з відповідною конфігурацією та технічними параметрами.

За цих умов постачальники повинні забезпечити індивідуальний підхід до кожного конкретного проекту зрошувального масиву і пропонувати замовнику підбір та найбільш економічно вигідний та екологічно безпечний проект узгодження та установки зрошувальної системи – будь то кругової, фронтальної, чи комбінованої дії, здійснюють шеф-монтаж, технічне супроводження і надають послуги із професійного обслуговування дощувальної техніки.

Слід відмітити, що використання даних реєстру дощувальних машин за основними конструкційними ознаками та параметрами конфігурації дає змогу звести до мінімуму вірогідність використання неефективного або помилкового техніко-технологічного рішення проекту зрошення та зрошувальної техніки стосовно умов конкретного агропідприємства, особливо фермерських господарств.

Це пояснюється тим, що для проектування таких складних агро гідротехнічних комплексів як зрошувальні системи використовуються реальні показники функціонування гідротехнічного обладнання, отримані в процесі господарчих випробувань у виробничих умовах, а не потенційні задекларовані показники, які не завжди враховують виробничі реалії.



## Література

1. Morgan Kelly Expansion, environmental impacts of irrigation by 2050 greatly underestimated, Princeton Environmental Institute May 5, – 2020, <https://www.princeton.edu/news/2020/05/05/expansion-environmental-impacts-irrigation-2050-greatly-underestimated>
2. Hoptmans Jan W., Maure, Edwin P. Impact of Climate Change on Irrigation Water Availability, Crop Water Requirements and Soil Salinity in the SJV, CA, – 2008, - <https://escholarship.org/uc/item/0g21p5hs>
3. Кравчук В. І., Сташук В. А., Митрофанов О. П., Мігальов А. О., Сидоренко В. В. Машини і обладнання для зрошення. – Посібник. – Дослідницьке, – 2011.
4. Збірник тез II Міжнародної науково-практичної конференції «Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти», 10-12 квітня 2019 року. ДУ НМЦ «Агроосвіта», Київ – Миколаїв – Херсон, – 2019.
5. Кернесюк Ю. Адаптація до кліматичних змін: економіка технологій поливу // Агро бізнес сьогодні . – 2020. – № 10 (425) – С. 22-29.
6. Біосфера та агротехнології: інженерні рішення: навчальний посібник / [В. Кравчук, А. Кушнар'єв, В. Таргоня, М. Павлишин, В. Гусар]; Міністерство аграрної політики та продовольства України: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. – Дослідницьке, – 2015. – 239 с.

## ЕФЕКТИВНІСТЬ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ЕЛЕКТРОСТИМУЛЯЦІЇ НАСІННЯ ОЗИМОГО РІПАКА

**Ковалишин С.**, канд. техн. наук., проф.,

**Пташник В.**, канд. техн. наук., доц.,

**Швець О.**, канд. техн. наук., доц.,

**Нестер Б.**,

Львівський національний аграрний університет

**Климчук М.**, канд. мед. наук.,

**Сало Я.**,

Львівська філія УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого

**Вступ.** Для підвищення урожайності посівного матеріалу сільськогосподарських культур використовують різні способи його передпосівної обробки методами фізичного впливу. Найпоширенішою виявилась обробка насінневого матеріалу в електричному полі.

Багатьма дослідниками вивчалась стимулювальна дія електрообробки насіння бавовнику [1], кукурудзи [2], гречки [3], картоплі [4], в яких доведено її позитивний вплив на посівні та урожайні якості досліджуваних культур.

Досліджуючи вплив електричної стимуляції насіння кукурудзи на його схожість, ріст розсади та поліпшення термотолерантності встановлено, що електрообробка з оптимальною інтенсивністю сприяла збільшенню швидкості проростання та росту проростків [5]. Спостерігалось збільшення довжини пагонів та коренів, отриманих з обробленого насіння, порівняно з необробленим. Крім того, електростимуляція збільшила рівень виживання рослин кукурудзи. Ці дані свідчать про те, що електростимуляція може сприяти інтенсивнішому проростанню насіння, росту рослин та поліпшенню термотолерантності кукурудзи.

У роботі [6] досліджували вплив електростимуляції насіння на посівні та урожайні якості багаторічних трав. Встановлено, що електростимуляція насіння багаторічних злакових трав підвищує в середньому урожай насіння на (15...19) % у західному Лісостепу та відповідно на (20...42) % в Передкарпатті. Внаслідок електрообробки посівного матеріалу на оптимальному режимі зростає обсяг кормової маси, що призводить до збільшення виходу з 1 га кормових і умовних кормопротейнових одиниць.

У роботі [7] проведено дослідження впливу електричного струму на ріст рослин у гідропоніці. Отримані експериментальні дані свідчать, що електричний струм викликає інтенсивніший ріст рослини.

Найбільший ефект внаслідок електрообробки отримують за її оптимальних режимів, якими виступають напруженість електричного поля, час обробки (експозиція) та термін відлежування (час від обробки до початку пророщування чи сівби).

Оптимальні режими стимуляції насіння найдоцільніше встановлювати на підставі визначення біохімічних показників у проростках обробленого насіння [8], зокрема активності окисно-відновлюваних ферментів – аскорбатоксидази, поліфенолоксидази і пероксидази. За таких умов оптимальним режимом вважали такий, за якого досліджувані показники в проростках обробленого насіння є вищими, порівняно з такими в проростках із необробленого насіння.

Іншими дослідниками [9] запропоновано ефективність передпосівної електростимуляції насіння встановлювати на підставі рівня етерифікованих і неетерифікованих високомолекулярних жирних кислот в проростках, корінні і залишках обробленого та необробленого насінневого матеріалу. Досліджуючи їхній вміст, а також його посівні якості (енергію проростання і лабораторну схожість), можна визначати оптимальні параметри режиму електростимуляції.

Проте незважаючи на проведені дослідження, на цей час немає достатніх теоретичних і експериментальних даних, які б розкривали причинно-наслідковий зв'язок між передпосівною електрообробкою насіння та отриманим з нього урожаєм, давали б змогу вивченням хіміко-біологічних змін в обробленому насінні і його проростках встановлювати оптимальні режими електростимуляції [10]. Це спонукає до проведення поглибленіших досліджень, результати яких розширювали б знання про механізм перебігу біологічних процесів в обробленому насінні, оптимізували режими електростимуляції, за яких можна досягнути максимального позитивного ефекту від використання цього фізичного фактору впливу.

Встановити оптимальні режими передпосівної обробки насінневого матеріалу можна ідентифікацією, набутої внаслідок цього його біоактивності, яку можна визначити методами час-корельованого підрахунку випромінюваних обробленими насінинами одиничних фотонів. Пілотні дослідження харчових продуктів методами час-корельованого підрахунку одиничних фотонів виявили випромінювання фотонів у багатьох мікроскопічних та макроскопічних системах, зокрема у ліпідних системах, бактеріях, дріжджах, лейкоцитах, нервових клітинах, мітохондріях, хлоропластах, ракових клітинах [11]. З огляду на це можна стверджувати, що адаптація методу час-корельованого підрахунку одиничних фотонів для досліджуваних видів насіння підтвердить ефективність

його передпосівної електростимуляції, розкриє причинно-наслідковий зв'язок обробки з посівними та урожайними якостями та визначить її оптимальні параметри. Найефективнішим режимом електрообробки буде той, за якого наднизька емісія фотонів, що випромінює простимульоване насіння, буде найбільшою.

**Метою досліджень** є підвищення посівних та врожайних властивостей насіннєвого матеріалу озимого ріпака, покращення якісних характеристик отриманої з нього продукції коригуванням та оптимізацією режимів його передпосівної електростимуляції на підставі визначення випромінювання простимульованим насінням фотонів.

**Методика проведення досліджень.** Для дослідження було використано насіннєвий матеріал гібриду озимого ріпака MAXIMUS ПР44Д06. Відбір проб проведено за стандартизованою методикою. Кількість повторень була репрезентативною для умов випадкової зміни контрольованих параметрів насіння.

Електростимуляцію у постійному електромагнітному полі було проведено на електрокоронному сепараторі. Її здійснено за різних комбінацій напруженості електричного поля  $E=1,0; 1,5; 2,0$  та  $3,0$  кВ/см та таких значень тривалості обробки  $t=5; 10; 15; 20; 25$  та  $30$  с. Час відлежування становив 1 добу.

Для реєстрації фотонів, які випромінювало оброблене в електричному полі і необроблене насіння, використовувався фотопомножувач НАМАМАТСУ R4220. Вимірювальна установка забезпечувала довготривалу термостабілізацію зразка. Світлонепроникну камеру оснащено системою екранів для періодичного переривання реєстрації фотонів, внаслідок чого шум і корисний сигнал вимірювався по черзі, чим отримували достовірні результати навіть за низької інтенсивності сигналу. Тривалість реєстрації випромінювання фотонів становила не менше 30 хвилин для кожного зразка [12]. Результатом вимірювання наднизького фотонного випромінювання була абсолютна різниця між кількістю фотонів, зареєстрованих фотопомножувачем у світлонепроникній камері з простимульованим посівним матеріалом ріпака, та кількістю фотонів, зареєстрованих фотопомножувачем у цій камері без насіння, відповідно до:

$$L = A - B, \quad (1)$$

де  $L$  – кількість фотонів, випромінюваних досліджуваним зразком,

$A$  – кількість фотонів, випромінюваних зразком, розміщеним у світлонепроникній камері.

$B$  – кількість показань (фотонів), створених порожньою світлонепроникною камерою.

Калібрування датчика проводилося кожного разу в день вимірювань і полягало у визначенні відношення реакції системи до стандартної дози випромінювання відповідно до рівняння (2).

$$K = (A_0 - B) / D \quad (2)$$

де  $K$  – коефіцієнт калібрування (система вимірювання вважалася ефективною і готовою до вимірювання, якщо  $K = 0,8 \dots 1$ );

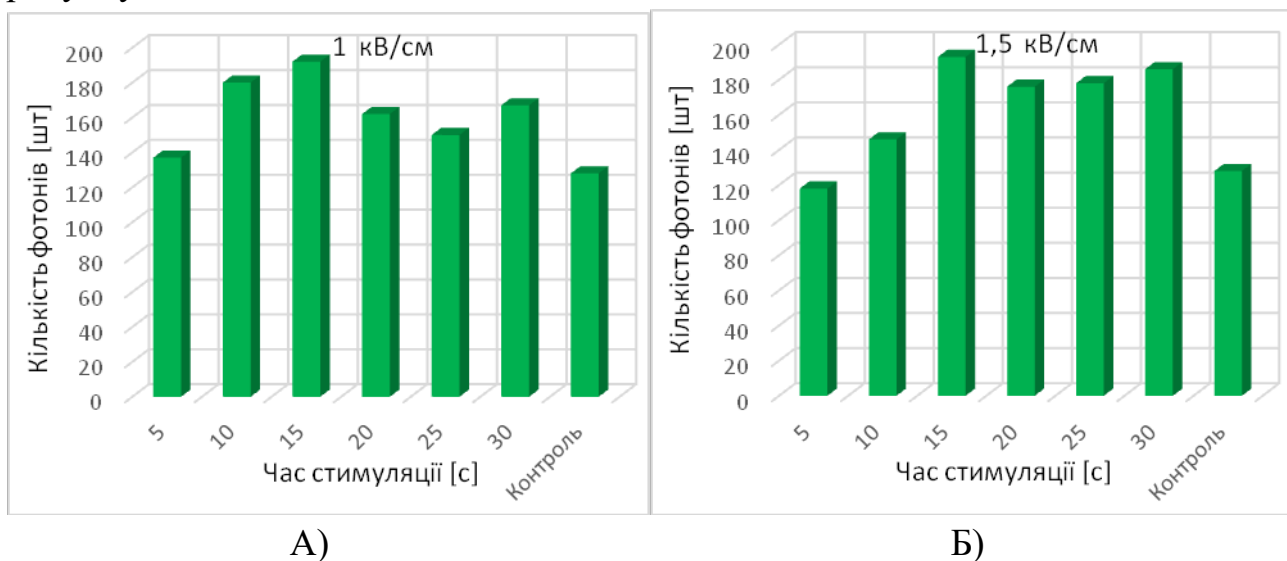
$A_0$  – кількість фотонів в інтервалі 500 с з еталонним змушенням;

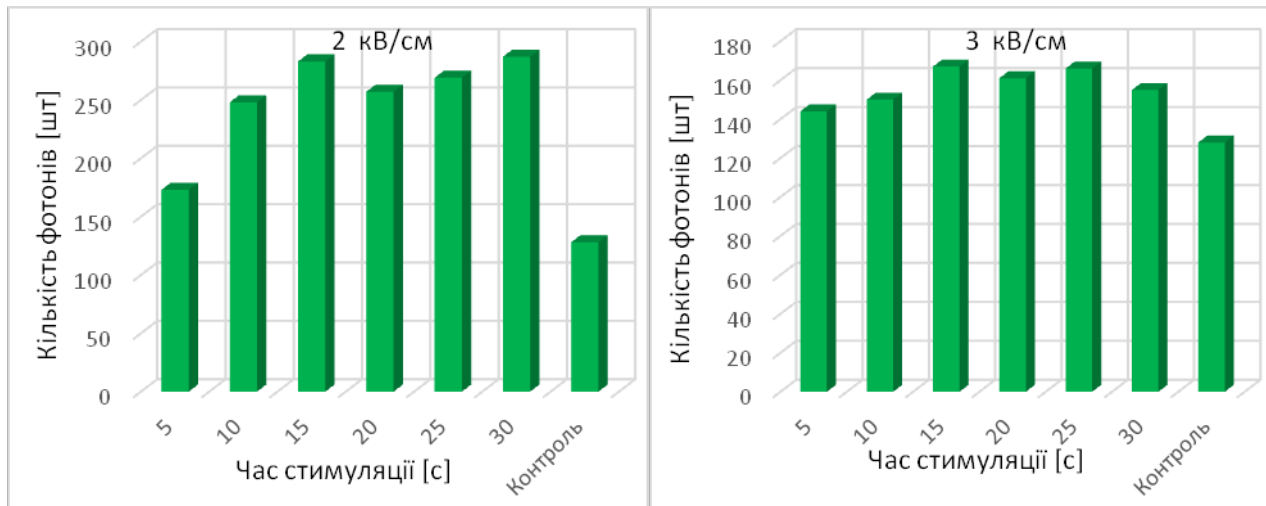
$B$  – кількість фотонів, зареєстрованих у порожній камері;

$D$  – відома доза, що використовується для калібрування (400 фотонів).

Після запуску вимірювальної системи на першій фазі з часовим інтервалом 120 с відбувалася стабілізація системи, щоб запобігти перешкодам, які виникають внаслідок тимчасової дестабілізації стандартних умов. Після початкової фази наставала основна (вимірювальна) фаза з інтервалом часу 500 с. Частота запису результату становила 4 Гц, тобто кожен записаний результат являв собою суму фотонів, підрахованих протягом 0,25 с. Ці параметри були визначені, як згадувалося вище, попередніми експериментами, але вони також включали мінімальний час експозиції, необхідний для спостережень, щоб привести до статистично значущих результатів випробувань. За основною фазою слідувала завершальна фаза вимірювання, на якій відбувається зупинка, але не дія послідовності вимірювань. Весь процес вимірювання контролювався в режимі реального часу за допомогою оригінальної програми, зробленої в програмі LabView.

**Результати і обговорення.** За результатами проведеного літературного огляду, та враховуючи технологічні особливості процесу електростимуляції, обрано декілька режимів передпосівної електростимуляції насіння ріпака, які оцінять ефективність поглинання насінням зовнішньої енергії залежно від тривалості та інтенсивності опромінення. Експериментальні результати спостереження наднизької емісії фотонів після електростимуляції наведено на рисунку 1.





В)

Г)

**Рисунок 1** – Гістограми емісії фотонів насінням ріпака після електростимуляції: 1 кВ/см (А); 1,5 кВ/см (Б); 2 кВ/см (В); 3 кВ/см (Г)

Аналіз отриманих залежностей показав, що основне накопичення енергії електростатичного поля насінням відбуваються впродовж перших 15 секунд електростимуляції незалежно від напруженості поля. Зі збільшенням тривалості обробки значний ріст позитивної динаміки не спостерігається.

Водночас максимальне підвищення наднизької емісії фотонів порівняно з контрольним зразком виявлено за напруженості електричного поля  $E = 2$  кВ/см, що разом з попередніми результатами вказує на наявність релаксаційних процесів і нелінійний характер поглинання та перетворення енергії насінням ріпака. Узагальнений результат вимірювання наведено у таблиці 1.

**Таблиця 1** - Узагальнені результати спостереження наднизької емісії фотонів

Напруженість, кВ/см	Тривалість електростимуляції, с					
	5	10	15	20	25	30
<b>1</b>	137	180	192	162	150	167
<b>1,5</b>	246	146	193	176	178	186
<b>2</b>	173	248	283	257	269	287
<b>3</b>	144	150	167	161	166	155

Оскільки під час електростимуляції часовий та просторовий розподіл електричного поля є рівномірними, то очікувано, що у зразках з однаковою поглинутою енергією повинні проявляти подібні залежності емісії фотонів. Як видно з табл. 1 для зразків:  $E = 2$  кВ/см,  $t = 5$  с та  $E = 1$  кВ/см,  $t = 10$  с кількість фотонів становить 173-180 шт. для зразків  $E = 1,5$  кВ/см,  $t = 10$  с та  $E = 3$  кВ/см,  $t = 5$  с кількість фотонів становить 144-146 шт., що відповідає висунутій гіпотезі. Натомість для зразків з більшою тривалістю електростимуляції подібних

залежностей не виявлено, наприклад для зразка  $E = 3$  кВ/см,  $t = 10$  с кількість фотонів становить 150, а для зразка  $E = 2$  кВ/см,  $t = 15$  с кількість фотонів зростає до 193. Ці результати додатково підтверджують наявність певних релаксаційних процесів у насінні зі збільшенням тривалості електростимуляції.

**Висновки.** Найбільші зміни наднизької емісії фотонів спостерігаються після електростимуляції насіння ріпаку в електрофрикційному сепараторі з напруженістю  $E = 2$  кВ/см впродовж  $t = 15$  с.

Поглинання та перетворення енергії зовнішнього електричного поля під час електростимуляції насіння відбувається нелінійно. Встановлено, що основні перетворення відбуваються впродовж перших 15 с незалежно від напруженості електричного поля. Виявлено релаксаційні процеси, які набувають домінуючого характеру після 15 с електростимуляції і роблять процес подальшої витримки недоцільним.

Отримані результати досліджень засвідчують доцільність проведення передпосівної обробки насіння озимого ріпака з метою підвищення його продуктивних властивостей. Найтехнологічніше цей захід можна реалізувати з використанням електрофрикційного сепаратора, в якого робочим органом виступає рухома в електричному полі нескінченна площа.

#### Література

1. Li Fade, Zhang Xiangang, Li Xiuzhi and Wang Houping, Effects electric field processing and dielectric separation on cotton seed germination rate and seedling mass. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. 2015. Volume 26, Issue 9, 128-132.

2. Bao S, Ma Z. Research on the aging property of electric field influence on corn seeds. Advances in computer science, intelligent system and environment, 2014. Volume 106, 91–96.

3. Elovskaja I. A., Mazec Zh. Je., Pushkina I. V., et al. The peculiarities of reaction of tetralogy varieties of buckwheat (*Fagopyrum Sagittatum* Gilib) on low-intensity electrical influence in the initial stages of ontogenesis *Vesci BDPU*. – 2016. 3 (1), 14–22.

4. Gut M. Wpływ przemiennego pola elektrycznego na wzrost i plonowanie bulw ziemniaka. *Inżynieria Rolnicza* 2007. R. 11, nr 8 (96). 73-79

5. Zhong-Guang Li, Hua-Qiong Gou, Rong-Qing Li. Electrical stimulation boosts seed germination, seedling growth, and thermotolerance improvement in maize (*Zea mays* L). *Plant Signaling*. 2019. Volume 14, Issue 12, 4 p.

6. Ковалишин С. Й. Підвищення урожайних і репродуктивних властивостей насіння багаторічних трав шляхом його передпосівної електростимуляції. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 200. – Вип. 42. – 67-70.

7. B. Kim, K. Chun. Electrical stimulation and effects on plant growth in hydroponics. *Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2017. Volume 12, Issue 17. 4396-4399.

8. Блонская А. П., Окулова В. А., Миронова А. М. Изучение активности ферментов каталазы и пероксидазы после обработки семян яровой пшеницы в поле коронного разряда. *Электротехнология процессов сельскохозяйственного производства*. 1995. – Вып. 97. – 132-137.

9. Рівіс Й. Ф., Ковалишин С. Й. Оптимальні параметри режимів передпосівної електростимуляції. *Вісник аграрної науки*. – 2000. 6, 28-30.

10. Sukhova E., Akinchits E., Sukhov V. Mathematical Models of Electrical Activity in Plants. *Journal of membrane biology*, 2017. 250,407-423]

11, Maciej Oziembłowski, Magdalena Drózdź, Paweł Kielbasa, Tomasz Drózdź, Aleksander Gąsiorowski, Piotr Nawara, Sylwester Tabor. Ultra słaba luminescencja (USL) jako potencjalna metoda oceny jakości żywności tradycyjnej. 2017. R. 93. NR 12. S. 131-135.

12. Paweł Kielbasa, Tomasz Drózdź, Piotr Nawara, Magda Drózdź. Wykorzystanie emisji biofotonów do parametryzacji jakościowej produktów spożywczych. *Przegląd Elektrotechniczny*. 2017.R. 93. NR 1. S. 153-156.



**КОНЦЕПТУАЛЬНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ МАТЕРІАЛЬНО-ТЕХНІЧНОЇ БАЗИ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ КАРТОПЛІ ТА СТРАТЕГІЇ ЇЇ РЕАЛІЗАЦІЇ З УРАХУВАННЯМ СТРУКТУРИ Й ОБСЯГІВ ВИРОБНИЦТВА**

**Скібчик В.**, канд. техн. наук,

ел. пошта: skibczyk05@gmail.com,

**Товкач С.**, ел. пошта: tovkach080995@gmail.com,

Національний університет біоресурсів і природокористування України

**Кудринський Р.**, канд. техн. наук,

ел. пошта: kudsl@ukr.net

**Днесь В.**, канд. техн. наук,

ел. пошта: dnes.viktor@ukr.net

**Крупич С.**, ел. пошта: sokrupych1@gmail.com

Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»

**Вступ.** Картоплярство в Україні лишається однією з стратегічних галузей агропромислового виробництва, яка забезпечує населення країни доступним продуктом харчування, переробну промисловість – дешевою сировиною, а тваринництво – бюджетною кормовою базою у вигляді неліквідних бульб і побічної продукції переробної галузі.

Останніми роками виробництво картоплі в Україні не зазнало масштабного зростання й демонструє стабільність. Для наочності: обсяг виробництва картоплі становив у 2010 році 18705 тис. т, а у 2020 році – 20838 тис. т. Однак врожайність культури зросла на 22 ц/га та склала у 2020 році 157 ц/га в порівнянні з врожайністю 2021 року.

Аналізуючи рівень рентабельності виробництва картоплі, необхідно відзначити її стабільність в останні роки – 10-11 % за двократного зростання ціни за тону з 2131 грн. у 2010 році до 5103 грн. у 2020 році.

В останні роки спостерігається негативне явище імпортозалежності України від картоплі з Польщі, країн Прибалтики, Білорусі та Румунії. Зокрема, з початку 2021 року за обсягом, імпорт картоплі в України більше ніж у двічі переважив експорт.

**Мета роботи. / Aim.** Підвищити ефективність процесів зберігання і реалізації картоплі на підставі розроблення концептуальних засад наукового обґрунтування техніко-технологічних параметрів картоплесховищ

агропромислових підприємств, а також раціональних сценаріїв реалізації продукції.

**Матеріали і методи. / Materials and methods.** У процесі дослідження було використано методи системного аналізу та синтезу, індукції й дедукції, системно-чинникового та системно-подієвого підходів.

**Результати та обговорення. / Results and discussion.** Основною причиною імпортозалежності в картоплі є дефіцит можливостей для поповнення техніки та інших матеріальних ресурсів. В Україні фактично не виробляються машини для забезпечення потреб галузі, а використовувана сьогодні спецтехніка на 70-80 % морально і фізично застаріла [1]. Окрім цього, відсутність матеріально-технічної бази аграрних підприємств для зберігання картоплі щорічно призводить до псування значної частини врожаю та втрати його якості, що унеможливує збільшення терміну зберігання і реалізації продукції за найбільш вигідною ціною [3].

Іншою, не менш вагомою причиною втрати позицій вітчизняного виробника картоплі на українському ринку овочів є державна політика – відсутність належної підтримки виробників картоплі, відсутність контролю внутрішнього ринку, допущення дефіциту вітчизняної картоплі.

Для формування матеріально-технічної бази аграрних підприємств для зберігання картоплі необхідно враховувати стратегію реалізації продукції, яка щорічно змінюється залежно від структури ринку й обсягів виробництва картоплі вітчизняними підприємствами [5].

Для цього насамперед необхідно дослідити закономірності зміни затрат на післязбиральне доведення до кондиції і зберігання врожаю картоплі від техніко-технологічних параметрів овочесховищ [2, 4, 5], що дасть змогу обґрунтувати їхні раціональні параметри. Другою науковою задачею є встановлення закономірностей зміни затрат на транспортування врожаю картоплі до овочесховищ від обсягів і радіуса перевезень, характеристик транспортного забезпечення, а також закономірностей зміни техніко-технологічних характеристик елеватора від радіуса обсягів зведення врожаю картоплі, характеристик програм вирощування картоплі товаровиробниками, характеристик наявної логістичної інфраструктури. Третя задача стосується обґрунтування раціональних термінів реалізації картоплі з врахуванням сезонних закономірностей зміни кон'юнктури ринку картоплі. Означені задачі є системно пов'язаними та потребують комплексного розв'язання.

**Висновки. / Conclusions.** Виробництво картоплі залишатиметься одним із важливих стратегічних напрямів забезпечення продовольчої безпеки. Водночас значний економічний ефект для держави ґрунтується на налагодженні та збільшенні обсягів експорту картоплі, що за умов створення відповідних інституційних засад забезпечить підвищення доходів від її вирощування та дасть

поштовх розвитку індустріального картоплярства в сільськогосподарських підприємствах.

Розв'язання означеної множини наукових задач щодо формування матеріально-технічної бази аграрних підприємств для зберігання картоплі та стратегії її реалізації з урахуванням структури й обсягів виробництва дасть змогу раціоналізувати процеси доробки та зберігання врожаю, а також встановити вплив ринку на терміни реалізації продукції для підвищення рентабельності виробництва картоплі господарствами України.

### Література

1. Сучасні аспекти науки: VI том колективної монографії / за ред. Є. О. Романенка, І. В. Жукової. – Київ; Братислава: ФОП КАНДИБА Т.П., – 2021. – С. 78-93.

2. Methodical bases for selecting parameters of post-harvest grain processing points based on statistical simulation / R. Kudrynetskyu, V. Dnes, V. Skibchuk // International scientific journal «Mechanization in agriculture & conserving of the resources» / Sofia, Bulgaria, 2017. Issue 5/2017. P. 193-196.

3. Ефективність застосування різних технологій вирощуванні сільськогосподарських культур / В. І. Днесь, Р. Б. Кудринецький, С. О. Крупич, В. І. Скібчик// Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодержавний зб. ННЦ «ІМЕСГ». – Глеваха, – 2019. – Вип. № 9 (108). – С. 195-200.

4. Substantiation of rational seasonal scenario of inter-farm use of combine harvesters. Dnes V., Kudrynetskyi R., Skibshyk V., Kuzminskyj R. IEEE 2019 14th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies, CSIT 2019. P. 135-143.

5. Methodical Principles of Modeling of Subject-Agrometeorological Events in Technological Processes Growing of Grain Crops. Rostyslav Kudrynetskyi, Viktor Dnes, Volodymyr Skibshyk. ТЕКА. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering. Lublin-Rzeszow. Vol. 18. No 3, 129-139.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ СУШІННЯ ЗЕРНА КУКУРУДЗИ  
СУШАРКОЮ МОДЕЛІ STELA AGRO DRY MDB-XN 4/15-SU  
В ЖОРСТКОМУ РЕЖИМІ**

**Занько. М.**, канд. техн. наук, старш. наук. співроб.,  
ел. пошта: [financefond@gmail.com](mailto:financefond@gmail.com),

**Гайдай Т.**, канд. техн. наук, [tanusha-h@ukr.net](mailto:tanusha-h@ukr.net),

**Сидоренко С.**,

ел. пошта: [silviya20@ukr.net](mailto:silviya20@ukr.net),

**Нілова Н.**,

ел. пошта: [nilova-n@ukr.net](mailto:nilova-n@ukr.net),

УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

**Вступ. / Introduction.** Безумовним лідером на українському ринку є сушарки шахтного типу. Основна вимога до якості їхнього функціонування – забезпечення щадного забору вологи із глибоких внутрішніх шарів зернини на останньому етапі сушіння зерна. Не дотримання цієї умови призводить до пошкодження зерна – виникають мікротріщини, які фактично руйнують зерно. Розтріскування зерна є характерним та майже неминучим наслідком сушіння зерна в зерносушарках. Якість зерна за таких умов, особливо насінневого, значно погіршується. Таке явище спостерігається внаслідок теплового шоку, якого зазнає зерно. Особливістю кукурудзи, стосовно сушіння порівняно з іншими культурами, є її низька вологовіддача, яка залежить від розміру зернин, їхньої форми, фізичної будови, хімічного складу. Чим вища початкова вологість зерна, тим щаднішим за температурою теплоносія і тривалості за часом повинен бути процес сушіння. Щадність такого процесу може полягати в кількаразовому проході зерна через шахтну сушарку, в яких волога із зерна зменшується невеликими порціями. Так можна убезпечити зерно від пошкодження оболонки і утворення тріщин.

У сушарках шахтного типу деяких компаній-виробників, до яких відноситься і сушарка Stela Agro Dry MDB-XN 4/15-SU, використані технічні і технологічні рішення та режими сушіння, які дають змогу сушити зерно з високою вологістю в технологічному режимі, який передбачає жорсткий режим сушіння: зменшення вологи за один прохід з 35 % до нормованих (13,5 - 14,0) %. Висушене таким способом зерно не пошкоджене механічно і не має видимих зовнішніх ознак пошкодження оболонки зернини. Воно також має всі показники збереженої якості: колір, стан зовнішньої оболонки, характерний природний блиск.

**Мета роботи. / Aim:** дослідження якості та процесу сушіння зерна кукурудзи в жорсткому режимі зерносушарки шахтного типу Stela Agro Dry MDB-XN 4/15-SU.

**Методи і матеріали. / Materials and methods.** Дослідження процесу сушіння, вмісту та випаровування вологи в зерні кукурудзи проведені за результатами експериментальних досліджень зерносушарки Stela Agro Dry MDB-XN 4/15-SU в господарських умовах зони Полісся України в жовтні місяці 2019 року. Сушарка знаходилась на відкритому майданчику зернового елеватора. Процес подачі теплоагента в шахту сушарки був стабільний та однорідний завдяки постійній нормі утворення та подачі вентиляторам. Формування теплоагента з температурою +110 °C здійснювалось за участю газового плоского пальника «Roses & Wayler». Сушіння проводилось в безперервному жорсткому режимі – зниження вологи з 35 % до 13,5 % за один прохід через зерносушарку. Її продуктивність за таких умов становила 60 т/год. За місткості шахти 317 тонн зерна час проходження зерна через сушарку становив 5 год. Вимірювання вологості зерна в потоці, по висоті шахти, здійснювалось з допомогою датчиків вологості типу Trime-GW, які є частиною системи автоматичного управління вологістю FRA 450-2 сушарки. Ці датчики вимірюють вологість зерна в режимі онлайн. Виміряні дані реєструються регулятором та відображаються як цифрові результати вимірювання. Точність вимірювання вологості зерна – +/- 0,5 %. Вимірювання температури зерна у різних місцях усередині сушарки здійснює спеціалізований температурний датчик, який входить в комплект сушарки.

Статистичні показники, що характеризують вміст та випаровування вологи в зерні кукурудзи впродовж часу сушіння отримано за результатами експериментальних досліджень – під час його сушіння в зерносушарці Stela Agro Dry MDB-XN 4/15-SU. Оцінку якості зерна виконано органолептичним методом. Для аналізу вмісту та випаровування вологи в зерні кукурудзи залежно від часу сушіння побудовані залежності графічним моделюванням.

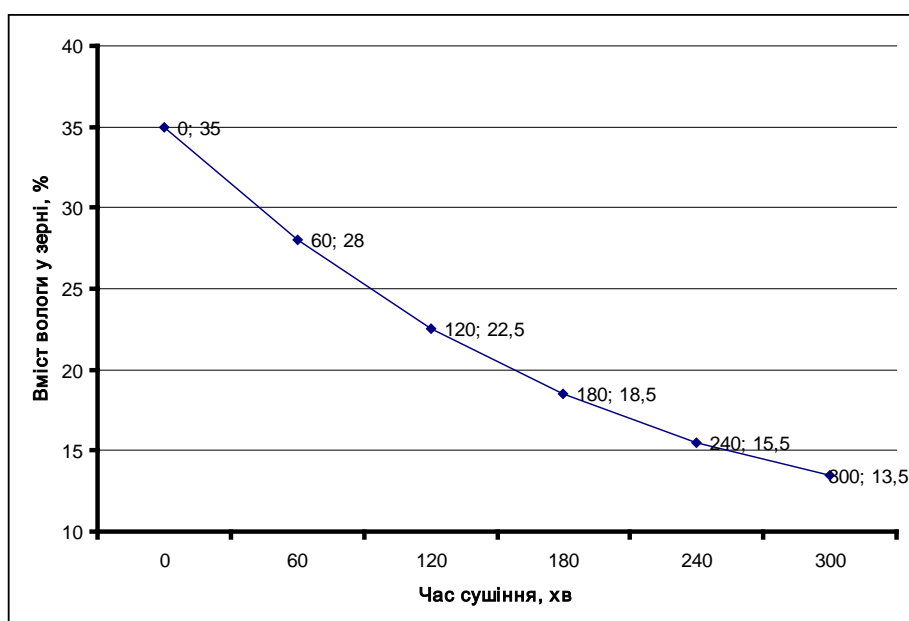
**Результати та обговорення. / Results and discussion.** За результатами однофакторних експериментальних досліджень отримано статистичні дані вмісту вологи в зерні кукурудзи та під час її випаровування впродовж часу сушіння – 5 годин (табл. 1). Також побудовано графіки залежності вмісту вологи у зерні (рис. 1) та випаровування вологи (рис. 2) в процесі сушіння. Результати показують (рис. 1), що за значної початкової вологості зерна (35 %) на початку сушіння сушарка за одну годину знижує до 7 % вологи. На завершальному етапі з вологістю зерна, яка близька до кондиційної (наприклад, 15,5 % чи 13,5 %) зменшення вологи за годину сушіння становить всього 1 %. Загалом же за один прохід через сушарку вологість зерна зменшується на 21,5 %. *Такий режим сушіння характеризується як жорсткий.* Разом з тим органолептична оцінка показує, що незважаючи на

жорсткий режим сушіння і наслідки, які для нього властиві, зерно зберегло всі вихідні показники, що характеризують його якість. Цього досягнуто насамперед завдяки здатності сушарки зменшувати на заключному етапі сушіння незначну кількість води – всього 3-2 % за 1 годину сушіння.

Аналіз результатів досліджень показує, що з початком сушіння вміст води в зерні зменшується. За тривалості сушіння до 3 годин спостерігається інтенсивний вихід води через оболонку зерна. У цей час віддача води зерном за 1 годину сушіння значна і становить від 7 % до 4 % (табл. 1) і характеризується як інтенсивна. Вміст води в зерні за такого режиму сушіння в цей період значно зменшився: від 35 % до 18,5 %. Подальше зменшення вмісту води в зерні, в процесі його переміщення по сушильних та охолоджувальних секціях більш щадне і спостерігається на рівні 2 %. Вологість зерна за таких умов зменшилась від 18,5 % до регламентованої та допустимої до зберігання 13,5 % (рис. 1).

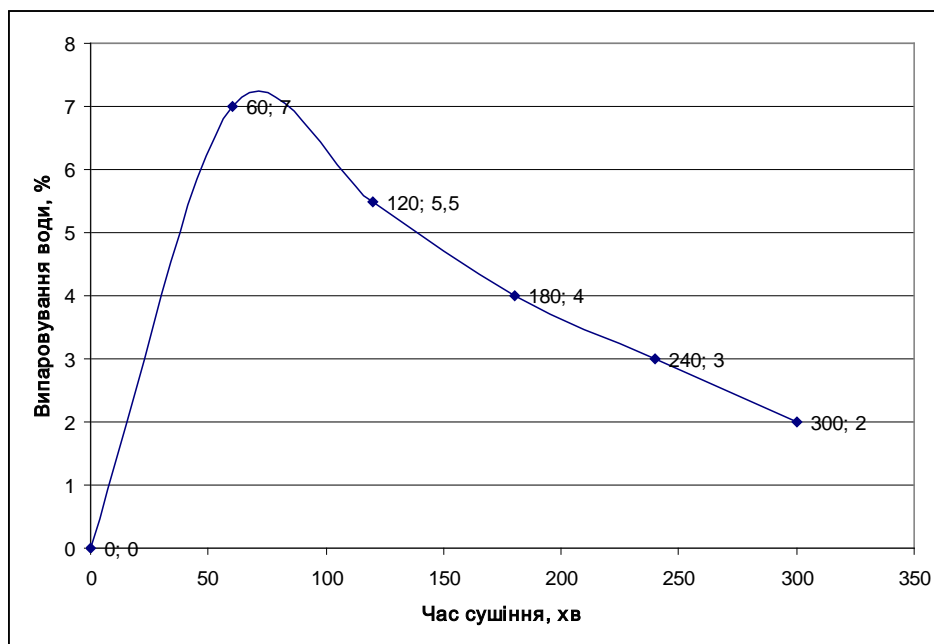
**Таблиця 1** – Зміна вмісту та випаровування води в зерні кукурудзи під час сушіння

Час сушіння, хв	Вміст води, %	Випаровування води, %
1	2	3
0	35	0
60	28	7
120	22,5	5,5
180	18,5	4
240	15,5	3
300	13,5	2



**Рисунок 1** – Залежність вмісту води у зерні в процесі сушіння

Більш інтенсивне випаровування води із зерна в процесі сушіння сушарка забезпечує на початку сушіння – 1,5 %, і більш щадне – 1 %, – на завершальній стадії сушіння (рис. 2).



**Рисунок 2** – Випаровування води із зерна в процесі сушіння

Для порівняння ефективності сушіння шахтних сушарок різних фірм - виробників необхідно розділити їхній об'єм на продуктивність, звідки отримаємо час проходження зерна через сушарку. У випадку сушінні зерна з 35 % до 13,5 % та проходження ним сушарки Stela Agro Dry MDB-XN 4/15-SU і для зменшення вологи потрібно:  $317 \text{ т} : 60 \text{ т/год} = 5 \text{ год}$ . У сушарок інших фірм за такої місткості і за такого розрахунку виходить близько 3 годин. Здавалось би, що ці сушарки працюють продуктивніше і в такому ж температурному режимі сушіння зменшують вологу набагато швидше. Втім, це не так, адже такий прискорений режим негативно позначається на якості зерна, що сушиться, бо зерно за такого інтенсивного позбавлення вологи тріскається. Зерно, висушене в сушарці StelaAgroDry MDB-XN 4/15-SU, показує відсутність тріщин в зерні та здатність сушарки до щадного сушіння.

Кількісні та якісні втрати виникають під час збору врожаю та на всіх етапах після збору врожаю, включаючи сушіння, та досягають 25-30 % [1]. Фізико-хімічний склад, що теж є якістю зерна, також залежить від типу сушіння. Для управління якістю зерна необхідно контролювати температуру сушіння і повітря та потік зерна в сушарці. Контроль цих параметрів впливає на зменшення фізичного пошкодження зерен під час теплообміну. Моделювання цього процесу, пошук рівноваги між швидкістю сушіння та продуктивністю переміщення зерна в тепловому потоці, необхідне для різних типів зерен. Надмірне сушіння зерен – до

рівня вмісту вологи нижче допустимих значень для зберігання, призводить до кількісних та якісних втрат зернової маси. Вибір найкращих варіантів сушіння та зберігання, відповідно до регіону, мінімізує втрати.

Експериментальні дослідження показали, що швидкість висихання насінини, обмежуються швидкістю дифузії вологи із центра насінини – ядра [2], що зменшує продуктивність сушіння. Прискорення дифузії вологи можливе завдяки застосуванню вищої температури під час сушіння. Однак, температура при цьому повинна бути обмежена до 115°C, щоб зберегти якість зерна. Здатність сушарки до збільшення продуктивності, тобто віддача зерном вологи, зростає зі збільшенням питомих витрат повітря та температури теплоагента.

Температура сушіння впливає на певні фізіологічні параметри, пов'язані з проростанням насіння кукурудзи. Електропровідність фільтрату з кукурудзяної муки є вищою для насіння, висушеного при 50 °C ніж при 35 °C і говорить про пошкодження зовнішньої оболонки зернини [3]. Збільшене вимивання моносахаридів з насіння, висушеного при 50 °C, порівняно з насінням, висушеним при 35 °C, може вказувати на пошкодження мембранної оболонки. Посіви, отримані з зерна, висушеного при 50 °C, мають значно меншу масу стебел і коренів та відсоток схожості, ніж посіви, вирощені з зерна, висушеного при 35 °C. Висока температура на ранніх стадіях процесу сушіння призводить до гідролізу крохмалю в зародковому ембріоні.

Спосіб сушіння є основоположним фактором для збереження вихідної якості зерна [1]. Проведені дослідження впливу високих температур на кінетику сушіння та якість ядер зерна кукурудзи. Була отримана оцінка зв'язку температур сушіння з технологією та умовами зберігання, які є базовою стратегією збереження якості зібраного зерна кукурудзи. Підвищення температури прискорює зменшення вологості зерна, але призводить до погіршення його стану. Не пошкоджене термічно зерно кукурудзи – висушене при 80 °C, – має задовільну якість під час її зберігання в зернових силосах з природною аерацією повітря і вологи. Надмірне сушіння зерен, зменшення вмісту води нижче регламентованих значень для зберігання, може призвести до кількісних та якісних втрат зернової маси.

Ефективність процесу сушіння продовольчого зерна кукурудзи – час висихання та зменшення вологи в зерні в процесі сушіння – досліджено за допомогою сушильної машини при температурах 50 °C, 60 °C і 70 °C. [4]. Початкова вологість зерна становила в середньому (26 - 30) %, висушене зерно мало вологість приблизно (12 - 14) %. Інтенсивність сушіння становила (1,2 - 1,8) % вологи, яка видалялася за 1 годину експлуатаційного часу. Якість висушеного зерна кукурудзи визначено з використанням аналізу напружень розтріскування оболонки зерна. Результати показали, що якість висушеного зерна кукурудзи для



продовольчих потреб на трьох різних щадних температурах, використаних у цьому дослідженні, була прийнятною.

Кукурудза може бути посіяною пізно і пошкоджена морозом, а може, бути ще не зовсім стиглою на час збирання. І таке зерно потрібно висушити і зберігати. Як покращити шанси на успіх зберігання та мінімізувати ризик псування? Сушити зерно необхідно повільно [4]. Сушіння кукурудзи занадто швидко або в занадто гарячій температурі мінімізує збільшення шансів втрати якості. Повільне сушіння зерна за нижчих температур збільшує питому масу зерна, ніж швидке та / або гарячіше сушіння. Крім того, сушіння з нижчою температурою зменшує тепловий стрес і розтріскування оболонки або навіть самої зернини. Повільне охолодження кукурудзи покращує якість зерна і питому вагу та сприяє заощадженню витрат на сушіння. Для цього можна використати охолодження в зерновому силосі з допомогою вентилятора. Залишкове тепло в процесі охолодження повільно витягує надлишкові кінцеві 1-2 % вологи в зерні, одночасно запобігаючи тепловому удару та стресовим тріщинам, які часто трапляються за швидшого охолодження кукурудзи.

Якість кукурудзи є найвищою під час збору врожаю і тому необхідно негайно сушити щойно зібрану кукурудзу до безпечного рівня вологи, щоб зберегти якість та товарність. Кукурудзу потрібно сушити до 15,5 % вологості, коли вона може бути оперативно продана. Інакше, кукурудзу потрібно сушити до 12,0 %, якщо передбачається її подальше зберігання протягом кількох місяців [5]. Основи якісного внутрішньогосподарського сушіння кукурудзи – це методи сушіння, застосоване технологічне обладнання (вентилятори) та зберігання зерна. Нагріте повітря зазвичай використовується як інструмент для сушіння кукурудзи витісненням великої кількості нагрітого повітря через основну частину зерна. Температура повітря та відносна вологість – дві ключові характеристики, які визначають швидкість сушіння кукурудзи та кінцевий вміст вологи. За заданої температури повітря та відносної вологості кукурудза буде втрачати вологу лише до певного рівня і в решті-решт досягне стану рівноваги з навколишнім середовищем, яким є повітря. Саме воно використовується для відведення вологи від зерна під час сушіння. Зазвичай повітря подається у нижню частину зернової сушарки вентиляторами. Рівномірний розподіл повітря по шахті сушарки забезпечує повне висихання кукурудзи та уникнення гарячих точок, де певні маси кукурудзи неправильно висихають, що призводить до їхнього псування. Для цього необхідно правильно вибрати вентилятор його продуктивність та тип, які найкраще відповідають їхнім потребам у сушінні. Чим вище швидкість потоку повітря та температура, тим більша швидкість сушіння. Вентилятори для сушіння зерна класифікуються як осьово-потоківі, так і відцентрові. Кожен тип класифікації можна використовувати для оптимізації швидкості потоку повітря та

мінімізації споживання енергії для підтримки якості зерна. Осьові вентилятори переміщують повітря паралельно осі або валу робочого колеса. Другий тип вентиляторів для сушіння зерна – це відцентровий вентилятор. Відцентрові вентилятори – ідеальні вентилятори для сушіння, працюють з меншим рівнем шуму, ніж осьові вентилятори. Фактична кількість повітря, необхідного для сушіння кукурудзи, залежить від початкового вмісту вологи.

**Висновки / Conclusions.** Зернова сушарка шахтного типу StelaAgroDry MDB-XN 4/15-SU відповідно до конструкції та прийнятого технологічного режиму роботи забезпечує жорсткий режим сушіння зерна кукурудзи з стартовою вологістю 35 % – інтенсивне зменшення вмісту і випаровування вологи в початковий період сушіння та подальший щадний режим зняття вологи (на рівні 2 %) до остаточної вологості зерна 13,5% за одноразовий прохід зерна через сушарку. Якість висушеного зерна – відсутність механічного пошкодження зерна, властивого для такого режиму сушіння сушарками шахтного типу, забезпечується.

### Література

1. Paulo Carteri Coradi, Vanessa Maldaner, Éverton Lutz, Paulo Vinícius da Silva Daí, Paulo Eduardo Teodoro. Influences of drying temperature and storage conditions for preserving the quality of maize postharvest on laboratory and field scales. <https://www.nature.com/articles/s41598-020-78914-x>.
2. S Soponronnarit, S Prachayawarakorn. (1994). Optimum strategy for fluidized bed paddy drying. *Drying Technology*. Taylor & Francis
3. N Seyedin, JS Burris, TE Flynn. (1984). Physiological studies on the effects of drying temperatures on corn seed quality. *Canadian Journal of Plant*.
4. Amir Syariffuddeen, M.A. 1\*, Yahya, S.1 , Ruwaida, A.W.1 , Zainun, M.S.1 , Shahrir, A., Azman, H., Shafie, A., Zaimi, Z.A.M., Hafiz, M.A.T.M., Amir Redzuan, S., Aliq, J., Shukri, J., Faewati, A.K., Mohsin, Y. Evaluation on Drying Temperature of Grain Corn and Its Quality using Flat-bedDryer. [file:///C:/Documents%20and%20Settings/Admin/Мои%20документы/10%20NCAFM 2018%20Evaluation%20on%20Drying.pdf](file:///C:/Documents%20and%20Settings/Admin/Мои%20документы/10%20NCAFM%202018%20Evaluation%20on%20Drying.pdf)
5. Електронний ресурс. On-Farm Corn Drying and Storage. [https://www.uaex.edu/farm-ranch/crops-commercial-horticulture/ Grain\\_drying\\_and\\_storage/corn\\_drying\\_and\\_storage.aspx](https://www.uaex.edu/farm-ranch/crops-commercial-horticulture/Grain_drying_and_storage/corn_drying_and_storage.aspx)

## ВИЗНАЧЕННЯ ЩІЛЬНОСТІ ҐРУНТУ РАДІОЛОКАЦІЙНИМ ЗОНДУВАННЯМ

**Іванюта М.**, канд. техн. наук,  
e-mail: ur6hdc@ukr.net  
УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

**Вступ.** У сучасних умовах актуальним є завдання вимірювання щільності ґрунту для контролю родючості ґрунту відповідно до ДСТУ 4362:2004 [1]. Це підвищує якість виконання механізованих операцій обробки ґрунту відповідно до міжнародних стандартів. Відповідно, виникає питання досягнення необхідної точності і достовірності процесу контролю, який може бути здійснено переобладнанням наявних чи розробленням принципово нових технологій визначення фізико-механічних характеристик ґрунту, який виконують перетворенням фізичних величин зручних для накопичення, обробки, передачі і відображення отриманої інформації.

**Постановка завдань.** Труднощі розробки методів і засобів контролю щільності ґрунту визначаються особливостями сучасних вимірювальних засобів, основні з яких зводяться до взяття проб ґрунту або методів, які базуються на визначенні твердості ґрунту, який у випадку сипкого фазового стану ґрунту може дати відносно низьку точність для сучасних систем землеробства.

Засоби для визначення щільності в узагальненому вигляді можна класифікувати методами перетворення вимірювальної величини і виділити вібраційні, поплавкові, вагові, гідростатичні, ультразвукові (акустичні), силові, вихрові, радіоізотопні, електричні. З перелічених методів для визначення щільності твердих та сипких тіл найбільш придатні вагові, радіоізотопні та електричні.

Вагові методи визначення щільності ґрунту регламентовані ДСТУ ISO 11272-2001 [2] базуються на зважуванні вибірковок проб відповідного об'єму. Вони мають високу точність та достовірність, не залежать від умов навколишнього середовища. Оскільки метод передбачає відносно високі витрати часу на визначення показників щільності, він може бути використаний у розробленні технології оперативного визначення щільності ґрунту як контрольно-порівняльний для дослідження інших методів.

Радіоізотопні методи регламентовані ДСТУ Б В.2.1-26:2009 [3]. Радіоізотопний метод вимірювання відносять до безконтактних методів вимірювання, оскільки чутливий елемент приладу механічно не контактує з

досліджуваним середовищем. Радіоізотопні методи доцільно застосовувати для визначення щільності агресивних середовищ, які перебувають під високим тиском або мають високу температуру, і коли інші прилади не можуть надати достовірні показники. Істотним недоліком таких методів є залежність показань від природи вимірювальної речовини та негативний вплив на живі організми.

Електричні засоби визначення щільності ґрунту базуються на визначенні діелектричної проникності, яка характеризує ізоляційні властивості твердих тіл. Такі засоби умовно можна розділити на контактні і безконтактні. Зв'язки діелектричної проникності та щільності ґрунту вивчені мало, тому є перспективними для вивчення з наукової точки зору. Контактні методи визначення полягають у вимірюванні діелектричного опору досліджуваного тіла між зануреними електродами. Недоліком таких методів є відносно високі витрати часу на вимірювання та залежність показів електричного опору від умов навколишнього середовища, які потребують додаткових затрат. Безконтактні засоби визначення базуються на встановленні зв'язку між твердим тілом та проникненням і відбиванням електромагнітних хвиль. Такі методи мають високу швидкість визначення діелектричних та магнітних властивостей ґрунту і можуть бути застосовані як засоби оперативного визначення щільності ґрунту в процесі обробітку. Одним з найперспективніших методів є метод радіолокаційного зондування поверхні ґрунту [4].

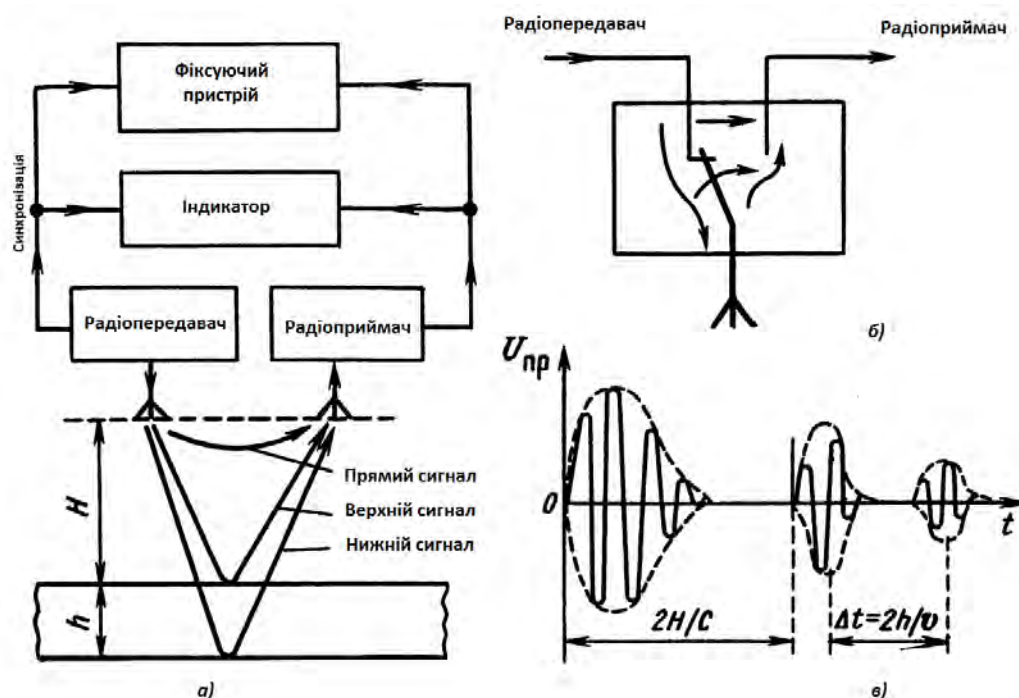
**Мета роботи:** Дослідження технологій визначення щільності та розроблення технології безконтактного визначення щільності ґрунту.

**Завдання досліджень:** Проаналізувати наявні методи визначення щільності твердих тіл щодо застосування в технологіях оперативного визначення щільності ґрунту та обрати базовий метод для опрацювання. Проаналізувати обраний метод та розробити технологічну схему визначення щільності ґрунту.

**Методи і матеріали.** Гіпотеза полягає у визначенні щільності обробленого шару в процесі обробітку ґрунтообробними машинами методом радіолокаційного зондування безконтактним визначенням діелектричної та магнітної проникності ґрунту. За таких умов величина діелектричної та магнітної проникності згідно з рівняннями Максвелла для електродинаміки пропорційно змінюватиметься від величини насипної щільності ґрунту. Визначення діелектричної та магнітної проникності ґрунту доцільно проводити через визначення затухання електромагнітного випромінювання.

На рис. 1 а показано узагальнена структурна схема роботи пристрою для радіолокаційного зондування поверхні, яка включає радіопередавач, який виробляє зондувальний сигнал, під'єднано до передавальної антени; радіоприймач під'єднаний до приймальної антени. Вихід приймача під'єднаний

до індикатора або фіксувального пристрою. Ці пристрої управляються синхронізатором, який входить до складу радіопередавача. Під час радіолокаційного зондування шару ґрунту завтовшки  $h$  антена сприймає три сигнали (рис. 1 в): прямий (залежить від діаграми направленості антени радіопередавача), верхній (відбитий від верхньої межі шару обробленого ґрунту і повітря) та нижній сигнал (відбитий від нижньої межі обробленого і нижнього шару ґрунту). Найбільш широко поширений імпульсний метод радіолокаційного зондування. Відбиті радіоімпульси в межах висоти установки антени  $H$  надходять в антену приймача з запізненням відносно переданого сигналу і цей час затримки вимірює відстань до поверхні. У разі імпульсного методу найчастіше використовується одна приймально-передавальна антена з швидкісним електронним антенним перемикачем, схематично показаним на рис. 1 б. Під час формування імпульсу передавач приймач вимикається.



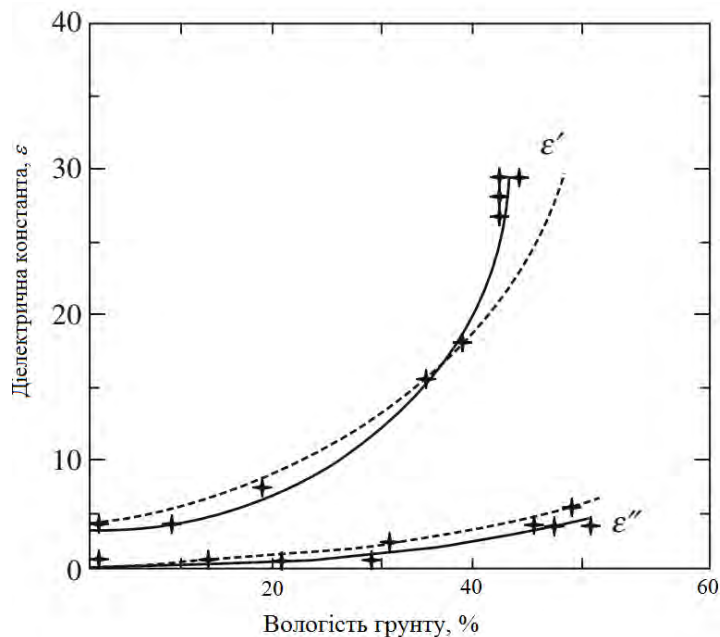
а) – структурна схема радіолокатора,; б) - схема роботи антенного перемикача,  
в) – діаграма сигналів вхідного тракту радіоприймача

**Рисунок 1** - Структурна схема процесу радіолокаційного зондування [5]

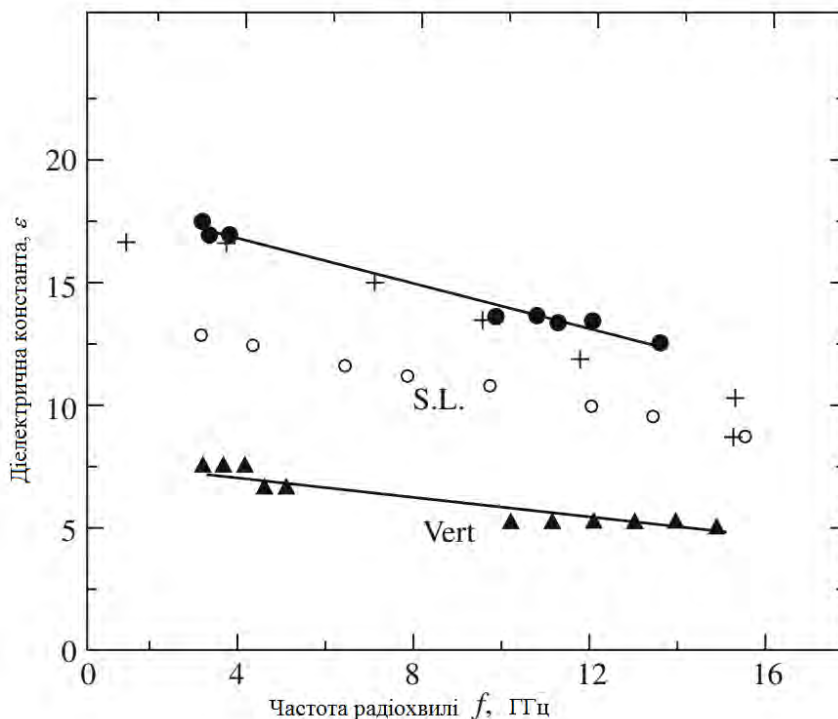
Отже, товщина шару ґрунту  $h$  може бути визначена з умови визначення витрат часу на проходження нижнім імпульсом всього шляху, а щільність розрахунком втрат на затухання електромагнітного імпульсу після визначення амплітуди  $U_{пр}$  відбитого сигналу, який залежить від комплексної величини діелектричної та магнітної проникності ґрунту.

**Обговорення.** Для вивчення електричних та магнітних властивостей ґрунту основним завданням є вивчення зміни діелектричної  $\epsilon$  та магнітної константи ґрунту, яка впливає на взаємодію між електромагнітними зарядами, які

утворюються електромагнітними хвилями різної частоти та інтенсивності. Особливу увагу під час визначення щільності необхідно приділяти встановленню зв'язків діелектричної константи ґрунту залежно від зміни вмісту вологи, амплітудно-частотних характеристик радіохвилі, фізичного складу та температури, типові значення яких показані на (рис. 2) [6,7].



**Рисунок 2** - Типова залежність діелектричної константи ґрунту від вологості на частоті радіохвилі 4 ГГц. (пунктиром показано суглинок, суцільною лінією супісок,  $\epsilon''$  - ґрунти з масовою часткою глини  $\geq 20\%$ ) [7]



**Рисунок 3** - Типова залежність діелектричної константи ґрунту від частотних характеристик радіохвиль. (S.L. суглинок, Vert – чорнозем) [7].

## **Висновки.**

1. Безконтактне визначення щільності ґрунту може бути реалізоване через визначення взаємодії діелектричної та магнітної проникності з електромагнітними хвилями.

2. Для розробки методу визначення щільності ґрунту радіоімпульсним зондуванням необхідні експериментальні дослідження амплітудно-частотних зв'язків щільності різних за типами ґрунтів за різних умов.

### **Література:**

1. ДСТУ 4362:2004. Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів. [Чинний від 2006-01-01] Київ: «Держспоживстандарт України». 2005. 17 с/

2. ДСТУ ISO 11272-2001. Якість ґрунту. Визначання щільності складення на суху масу. [Чинний від 2003-07-01] Київ: «Держспоживстандарт України». 2003.

3. ДСТУ Б В.2.1-26:2009. Методи радіоізотопного вимірювання щільності та вологості. [Чинний від 2009-12-22] Київ: «Мінрегіонбуд України». 2010. 24с/

4. Подповерхностная радиолокация / Финкельштейн М. И., Карпужин В. И., Кутев В. А., Метелкин В. Н.; Москва.: Радио связь, 1994. 216с.

5. Применение радиолокационного подповерхностного зондирования в инженерной геологии / Финкельштейн М. И., Кутев В. А., Золотарев В. П.; Москва. : Недра, 1986. 126 с.

6. Dielectric Properties of Agricultural Materials and their Applications / Stuart Nelson, ARS-USDA, Athens, GA, USA 2015. 292 p.

7. Microwave Dielectric Behavior of Wet Soils / Behari Jitendra, Anamaya Publishers F-230, Lado Sarai, New Delhi, India 2005. 176 p.

# ***ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА АЛЬТЕРНАТИВНА ЕНЕРГЕТИКА***

УДК 620.92

## **АНАЛІЗ МЕТОДІВ ЗМЕНШЕННЯ ОБСЯГІВ УТВОРЕННЯ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН ПІД ЧАС СПАЛЮВАННЯ АГРОБІОМАСИ**

**Драгнєв С.**, канд. техн. наук, доц., ст. наук. співроб.

ел. пошта: [dragnev@uabio.org](mailto:dragnev@uabio.org),

**Желєзна Т.**, канд. техн. наук, ст. наук. співроб.,

ел. пошта: [zhelyezna@uabio.org](mailto:zhelyezna@uabio.org),

**Баштовий А.**, канд. техн. наук, ст. наук. співроб.

ел. пошта: [bashtovyi@secbiomass.com](mailto:bashtovyi@secbiomass.com),

Інститут технічної теплофізики НАН України

**Вступ. / Introduction.** Біоенергетика впевнено займає місце потужного сегмента світової відновлюваної енергетики. Визнається значний внесок біоенергетики у скорочення викидів парникових газів і реалізацію «зеленого» енергетичного переходу. Для подальшого нарощування біоенергетичних потужностей необхідне залучення додаткових ресурсів біомаси. Сьогодні агробіомаса вважається одним з найбільш перспективних видів біомаси для енергетичного використання в Європейському Союзі і в Україні. Загалом, агробіомасу можна класифікувати за трьома великими групами: сільськогосподарські залишки, агропромислові залишки та спеціально вирощувані енергетичні рослини. За оцінками європейських експертів, енергетичний потенціал біомаси в ЄС у 2050 році складатиме близько 400 млн т н. е., з яких понад 60 % – агробіомаса [1]. В Україні енергетичний потенціал біомаси у 2050 оцінюється у майже 48 млн т н. е., включаючи 34 млн т н. е. – агробіомаса (понад 70%). Зазвичай агробіомаса має специфічні паливні характеристики, що може ускладнювати роботу котельного та інших видів енергетичного обладнання і призводити до рівнів викидів шкідливих речовин понад чинних норм. Тому необхідно ретельно підходити до питань якості біопалива, а також вибору енергетичного обладнання та систем очищення димових газів.

**Метою роботи / Aim** є аналіз та визначення найбільш оптимальних підходів і методів, що застосовуються для зменшення рівня емісії шкідливих речовин під час спалювання агробіомаси.

**Матеріали і методи. Materials and methods.** Методи дослідження включають вивчення нормативних та інших даних, аналіз наявних технологій і обладнання для очищення димових газів.



**Результати та обговорення. Results and discussion.** Показники емісії забруднювальних речовин визначаються згідно з чинним в Україні керівним документом ГКД 34.02.305-2002 [2]. Ця методика встановлює порядок визначення викидів основних забруднювальних речовин та парникових газів, що надходять в атмосферне повітря з димовими газами, які утворюються під час спалювання органічного палива в енергетичних установках. Чинні нормативи [3] гранично допустимих викидів для наявних та нових джерел обмежують масову концентрацію забруднювальних речовин в організованих викидах стаціонарних джерел. Котельні – це тип устаткування, для якого розробляються нормативи гранично допустимих викидів шкідливих речовин із стаціонарних джерел [4]. Окремо для установок потужністю понад 50 МВт діють технологічні нормативи [5].

Вибір обладнання для очищення димових газів здійснюють залежно від необхідного ступеня очищення, а доцільність і методи зниження шкідливих газоподібних викидів визначають на підставі технічних та економічних обґрунтувань. При цьому треба зазначити, що вітчизняні вимоги до обмежень емісії забруднювальних речовин під час спалювання біомаси поступово посилюються і приводяться у відповідність до нормативів ЄС, що необхідно враховувати у виборі теплотехнічного та газоочисного обладнання.

Скажімо, розроблено проєкт постанови КМУ «Про затвердження Технічного регламенту щодо вимог до екодизайну для твердопаливних котлів», яка відповідає вимогам Регламенту Комісії (ЄС) 2015/1189 від 28 квітня 2015 р. Цей регламент встановлює вимоги екодизайну щодо представлення на ринку та введення в експлуатацію твердопаливних котлів з номінальною тепловою потужністю до 500 кВт. До вступу в дію вимог до екодизайну, що запроваджуються через 4,5 роки після набрання чинності цим Технічним регламентом в Україні, дозволяється введення в обіг та експлуатація твердопаливних котлів, які відповідають вимогам чинних національних норм стосовно сезонної енергоефективності обігрівання приміщень, а також викидів твердих частинок, органічних газоподібних сполук, монооксиду вуглецю і оксидів азоту. Зараз вимоги екодизайну для котлів на твердій біомасі, застосовуються лише до деревного біопалива, але в ЄС передбачається розширення його дії і на котли з використанням недревної біомаси.

Запропонувати граничні викиди для котлів на агробіомасі для включення до Директиви ЄС з екодизайну має намір проєкт AgroBioHeat, який фінансується Програмою ЄС Горизонт 2020. В Україні виконавцем цього проєкту є Біоенергетична асоціація України. Вже проведені вимірювання емісій і ефективності роботи, здійснено моніторинг робочих параметрів вітчизняних твердопаливних котлів KALVIS потужністю 500 кВт з рухомою колосниковою решіткою на зерновідходах у м. Ковель та на гранулах з лущиння соняшнику у

м. Дніпро. Результати досліджень показали високий ККД роботи котлів (від 82,9 до 95,4 % у м. Ковель і від 80,3 до 96,5 % у м. Дніпро) за допустимих рівнів емісій шкідливих речовин. Подібні дослідження спалювання різних видів агробіомаси проводяться виконавцями проекту AgroBioHeat також на експериментальних стендах та у діючих котельнях в Греції, Австрії, Іспанії, Данії і Франції. Загалом буде проведено 36 вимірювань на стендах та 8 випробувань у котельнях, які діють.

Відхилення якості палива та технічних характеристик обладнання, яке використовує агробіомасу, від розрахункових, а також незадовільні режими експлуатації установок не завжди дають змогу дотримуватись встановлених екологічних вимог. Тому виникає необхідність застосовувати методи для зниження рівня забруднювальних речовин в продуктах згорання для технічного забезпечення екологічних вимог. Ці методи принципово діляться на дві групи [6]:

- первинні методи – організаційно-підготовчі та режимні заходи, направлені на підготовку палива й організацію процесу спалювання в топковій камері, включаючи конструкційні рішення котлів;

- вторинні методи – заходи зі зменшення концентрації утворених забруднювальних речовин у димових газах застосуванням спеціалізованого газоочисного обладнання.

Найбільш розповсюдженим є комплексне застосування різних методів, що поєднують в собі низку заходів із забезпечення якісних вимог до складу палива (вологість, зольність, розмір та ін.), вибору спеціального обладнання, призначеного для використання палива, встановлення додаткового газоочисного обладнання та виконання режимно-налагоджувальних та теплотехнічних випробувань.

Основними забруднювальними речовинами під час енергетичного використання агробіомаси, на які слід звертати особливу увагу, є оксиди азоту ( $\text{NO}_x$ ), оксид вуглецю ( $\text{CO}$ ), оксиди сірки ( $\text{SO}_x$ ), сполуки хлору та тверді частки. Порівняно зі спалюванням вугілля, енергетичне використання біомаси з викидів забруднювальних речовин, за виключення оксиду вуглецю ( $\text{CO}$ ), має значно кращі характеристики [7]. Однак цих характеристик, зокрема з викидів твердих частинок, недостатньо для задоволення гранично допустимих концентрацій, що вимагає використання методів зменшення обсягу шкідливих речовин.

В основному оксиди азоту утворюються під час окислення азотовмісних сполук, наявних у складі палива, та за високої температури в топці котла внаслідок окислення атмосферного азоту. Для скорочення викидів  $\text{NO}_x$  застосовують як первинні методи (зокрема, забезпечують багатоступеневу подачу повітря, здійснюють заходи з підготовки палива, зменшують температуру в камері згорання, оптимізують коефіцієнт надлишку повітря, рециркулюють продукти

згорання і вприскують воду), так і вторинні на потужних установках (наприклад, застосовують заходи хімічного очищення димових газів, відновлювання з використанням каталізаторів та поглинання завдяки спеціальним сорбентам). Дуже ефективним є метод вибіркової некаталітичної редукції (SNCR), яким можна досягти зниження  $\text{NO}_x$  в діапазоні від 20 до 70%. Слід відзначити, що первинні методи скорочення викидів оксидів азоту характеризуються низькою ефективністю і можуть знижувати ККД котла та ускладнювати регулювання технологічних процесів, але є менш витратними ніж вторинні методи.

За неповного згорання палива у котлі в димових газах міститься оксид вуглецю та інші продукти хімічного недопалу біомаси (сажа, вуглеводневі сполук, тощо). Тому для зменшення викидів CO та інших продуктів недопалу використовують первинні методи, які включають, зокрема, оптимізацію режиму горіння з поетапною та регульованою подачею повітря, раціональні конструкції топки і колосникової решітки.

Сірка та хлор, які містяться в агробіомасі, у процесі горіння утворюють оксиди сірки та хлористі сполуки. Наприклад, у свіжій соломі вміст хлору по масі може досягати 0,8 %, через що в процесі спалювання можуть утворюватися діоксини, токсичні фосгени ( $\text{COCl}_2$ ) та хлороводневі сполуки ( $\text{HCl}$ ). Вибір біопалива з обмеженим вмістом сірки та хлору розглядається як найбільш простий спосіб зменшення викидів відповідних забруднювальних речовин. Крім цього для видалення  $\text{HCl}$  і  $\text{SO}_2$  можуть застосовуватися системи сухої сорбції.

Під час спалювання твердого палива особливі вимоги стосуються забезпечення допустимих викидів твердих часток. Найбільшу санітарну небезпеку складають дрібні частки легкої золи, вміст якої в продуктах згорання значно залежить від виду і зольності біопалива та технології спалювання. Наприклад, найменші неконтрольовані викиди твердих часток на рівні  $70 \text{ мг/м}^3$  спостерігаються під час газифікації твердої біомаси, тоді як для технологій прямого спалювання біомаси вони можуть коливатися в діапазоні  $300\text{-}540 \text{ мг/м}^3$ . Тому необхідно використовувати вторинні методи очищення продуктів згорання від твердих часток завдяки встановленню систем газоочищення зокрема циклонів та мультициклонів, рукавних фільтрів, електрофільтрів та скрубєрів. За цих умов найбільш розповсюдженими та доступними рішеннями є встановлення простих та дешевих циклонних фільтрів, а для забезпечення більшої ефективності використовують мультициклони. Слід відзначити, що недоліком циклонів та мультициклонів є незадовільний рівень очищення димових газів від дрібних фракцій розміром  $< 1 \text{ мкм}$ . Тому у разі перевищення гранично допустимих концентрацій необхідно встановлювати другий ступінь системи очищення димових газів. Для цього можна використовувати рукавні фільтри, які досягають ефективності очищення до 99 %, зокрема для дуже дрібної фракції (з розміром

частинок < 1 мкм), або електрофільтри, в яких тверді частки відділяються від потоку димових газів в електричному полі коронного розряду. Ці апарати газоочищення є надзвичайно ефективним (98-99,5 %), причому ефективність майже така ж висока для частинок розміром від 1 мкм і менше.

**Висновки. / Conclusions.** У виборі твердопаливного котла кожна його система – паливоподачі, спалювання, теплообмінник, видалення золи, управління, очищення димових газів – повинна бути сумісною з конкретними властивостями твердого біопалива з агробіомаси. У сучасних котлах використовується рухома колосникова решітка з розділеним подаванням первинного і вторинного повітря, що ефективно та повноцінно спалює тверді біопалива; автоматичне очищення теплообмінників для запобігання утворенню відкладень золи і корозії; відповідні системи газоочищення, що впливає на екологічність та надійність роботи котельної установки. Для визначення раціональної системи газоочищення необхідно встановити масову витрату димових газів, початкові та кінцеві концентрації забруднювальних речовин, які повинні відповідати нормативам граничнодопустимих викидів. У загальному випадку для котлів на агробіомасі треба забезпечити виконання необхідних організаційно-підготовчих та режимних заходів, направлених на підготовку палива й організацію процесу спалювання в топковій камері; також бажано використовувати двоступеневу систему очищення димових газів на основі циклонів (мультициклонів) і рукавних фільтрів або електрофільтрів, залежно від потужності установки.

## Література

1. Bioenergy Europe Statistical Report, 2020. Biomass Supply.
2. URL: <https://bioenergyeurope.org/article/270-biomass-supply.html> (дата звернення 26.08.2021)
3. ГКД 34.02.305-2002 «Викиди забруднювальних речовин у атмосферу від енергетичних установок. Методика визначення».
4. Наказ Міністерства охорони навколишнього природного середовища «Про затвердження нормативів граничнодопустимих викидів забруднювальних речовин із стаціонарних джерел» №309 від 27.06.2006 р.
5. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/ru/z0912-06?lang=uk#Text> (дата звернення 26.08.2021)
6. Наказ Міністерства охорони навколишнього природного середовища «Про затвердження Переліку типів устаткування, для яких розробляються нормативи граничнодопустимих викидів забруднювальних речовин із стаціонарних джерел» № 317 від 16.08.2004.

7. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1102-04#Text> (дата звернення 26.08.2021)
8. Наказ Міністерства охорони навколишнього природного середовища «Про затвердження технологічних нормативів допустимих викидів забруднювальних речовин із теплосилових установок, номінальна теплова потужність яких перевищує 50 МВт» № 541 від 22.10.2008.
9. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1110-08/print> (дата звернення 26.08.2021)
10. Практичний посібник з використання біомаси у муніципальному секторі України (для представників державних установ та громадських організацій, що працюють в сфері екології) / Гелетуша Г., Матвеев Ю., Олійник Є., Куций Д. – Програма розвитку ООН. – Київ, 2017. – 54 с.
11. Abrams R. Air Pollution Control System from Biomass Boilers / Conference proceedings of Biomass South 2008. – Sweden, 2008.

## ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ РІЗНИХ ТИПІВ СІВАЛОК ДЛЯ СІВБИ НАСІННЯ СВІТЧГРАСУ

Климчук М., канд. мед. наук

ел. пошта: klumchuk63ma@ukr.net

Сало Я., Львівська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

**Вступ.** Сучасна структура паливно-енергетичного комплексу України, яка передбачає значне використання імпортованих викопних енергоресурсів може стати загрозою для енергетичної й національної безпеки держави [Кравчук В., та інші, 2013]. Тому питання розвитку альтернативної енергетики, включаючи біоенергетику, є досить актуальним для нашої держави.

Однією з перспективних багаторічних енергокультур, здатних в умовах України забезпечити високий вихід біомаси, є світчграс [Калетник Г. М. та інші, 2020, Кулик М. І., 2018]. Обсяг збору біомаси світчграсу пов'язаний з ростом і розвитком рослин, які залежать від якості і способів виконання технологічних прийомів вирощування, зокрема сівби насіння.

Для сівби насіння світчграсу можна використовувати, відповідно налаштовані або переобладнанні просапні і рядкові зернові сівалки. Однак на сьогоднішній день не достатньо уваги приділено вивченню питання механізації і ефективності застосування технічних засобів для сівби насіння світчграсу.

**Метою роботи** є вивчення ефективності застосування просапної та зернової сівалок для сівби насіння світчграсу в умовах Заходу України.

**Матеріали і методи.** Дослідження проводились на дослідних полях Львівської філії УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, в ґрунтово-кліматичній зоні Малого Полісся України. Дослідні ділянки закладено на найбільш поширених в цій зоні дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах, які характеризувались глибиною гумусового горизонту – 57 см, кислотністю 7,2 мг-екв./100 г, вмістом гумусу – 2,97, вмістом елементів живлення та рухомих сполук - азоту 82, 2 мг , фосфору 194,3 мг та калію 66,5 мг на один кілограм ґрунту.

Підготовка ґрунту складалася з луцення стерні дисковою бороною БДВП-3,6 на глибину 15 см, оранки плугом ПЛН-4-35 на глибину 25 см, культивування одночасним боронуванням культиватором КПСП-4 на глибину 10 см та передпосівного обробітку комбінованим агрегатом ЛК-4 на глибину 5 см.

Застосовувані технічні засоби задовільно підготували ґрунт для сівби світчграсу. Після виконання технологічних операцій поверхневий посівний шар ґрунту характеризувався дрібногрудкуватою структурою (наявність грудок

розміром до 25 мм становила 96,4 %), що відповідає вимогам до умов проведення сівби дрібнонасієних культур.

Для сівби насіння використовували сівалку просапну УПС-12 та сівалку зернову ASTRA 3,6A-06 з прикочувальними колесами. Обидві сівалки були налаштовані для сівби з шириною міжрядь 45 см. Налаштування сівалки ASTRA 3,6A-06 на проведення сівби з такою шириною міжрядь виконувалось закриттям приймальних отворів висівних апаратів сівалки за схемою – один приймальний отвір відкритий, два закритих (конструкційна ширина міжрядь цієї сівалки становить 15 см). Сівбу світчграсу проводили з одночасним внесенням мінеральних добрив 1ц/га (нітроамофоска). Сівалки агрегувались з тракторами МТЗ-82 (рис. 1)



**Рисунок 1** – Сівба насіння світчграсу просапною сівалкою УПС-12 (а) та зерною ASTRA 3,6A-06 (б)

Для визначення ефективності двох типів сівалок на виконанні сівби насіння світчграсу дослідне поле було розбито на дві ділянки. Сівалки виконували сівбу насіння сорту Картрядж. Сівбу насіння проводили в пізні терміни в другій декаді травня, тому для того, щоб посіяти насіння у вологий ґрунт, глибину загортання насіння збільшували. На першій ділянці насіння висівалось просапною сівалкою УПС-12 в нормі 5,5 кг/га. На другій ділянці для сівби використовували сівалку ASTRA 3,6A-06 з удвічі більшою нормою висіву 11 кг/га. Рекомендована норма висіву коливається в межах 2,4–10 кг насіння посівної придатності на гектар [D. I. Bransby, R. H. Walker, M. S. Miller., 1997].

Визначення показників якості сівби проводилось за методами СОУ 74.3-37-129:2004 “Випробування сільськогосподарської техніки. Машини посівні. Методи випробувань”. Врожайність визначали скошуванням рослин, зважуванням та перерахунком на суху вагу після визначення відсотка вологи. Облік кількісних показників світчграсу (висоту і кількість рослин на одному погонному метріві рядка та густоту стеблостою шт./га) проводили на час закінчення вегетації рослин. Статистичну обробку результатів досліджень виконували відповідно до стандартних методик [Доспехов Б. А., 1985].

**Результати і обговорення.** За результатами досліджень встановлено, що сівалка УПС-12 проводила сівбу насіння на глибину 2,1 см з коефіцієнтом варіації глибини загортання 3,6 %, а сівалка ASTRA 3,6A-06 – на глибину 3,1 см з коефіцієнтом варіації – 18,9 % (таблиця 1).

**Таблиця 1 - Показники якості виконання сівби насіння світчграсу**

Показник	Значення показника	
	УПС-12	ASTRA 3,6A-06
1	2	3
Робоча швидкість, км/год.	6,7	9
Норма висіву насіння кг/га	5,5	11
Глибина загортання насіння, см		
- середня, см	2,1	3,1
- середнє квадратичне відхилення, мм.	0,76	5,86
- коефіцієнт варіації, %	3,6	18,9
Кількість насінин, загорнутих в шарі ґрунту заданої глибини з відхиленням 10 мм, %	96	82
Густота сходів, шт./м погонний рядка	55	68
Ширина міжрядь, см	45	45
Продуктивність, год./га	2,1	2,3

Просапна сівалка УПС-12 забезпечила більшу повноту загортання насіння на встановлену глибину (96 %), тоді як у зернової сівалки цей показник становив 82 %. Після появи сходів густота рослин становила 55 шт./п. м на ділянці з сівбою УПС-6 і 68 шт./ п. м на ділянці після сівби ASTRA 3,6A-06.

Різниця в показниках якості сівби насіння зумовлена насамперед конструкційними особливостями загортальних пристроїв застосовуваних сівалок.

Основним вузлом просапної сівалки УПС-12 є висівний модуль, котрий кріпиться до рами паралелограмним механізмом і опирається на два котки – передній з грудковідгортачем та V-подібний прикочувальний задній, що дає йому змогу копіювати мікрорельєф поверхні поля і дотримуватись встановленої глибини загортання насіння. Модуль оснащений полозоподібним сошником, який прорізає борозенку, формує ущільнене насіннєве ложе. V-подібний прикочувальний коток загортає насіння та ущільнює ґрунт з обох сторін борозенки залишаючи над насіння неущільнений шар ґрунту, який сприяє притоку вологи та створенню сприятливого повітряного режиму та підвищенню польової схожості насіння.

Загортальний механізм сівалки ASTRA 3,6A-06 складається з дискових сошників, які кріпляться до рами підпружиненим гряділем та ланцюговим загортачем. Глибина загортання підтримується натиском пружин.

Проте в реальних умовах практично не можна досягти однорідної структури ґрунту за твердістю і щільністю, тому дисковий сошник на різних ділянках поля



(навіть не великих) проникав у ґрунт на різну величину, що зумовлювало відхилення глибини загортання насіння. Отже одні насінини були загорнуті мілкіше, а інші навпаки глибше від встановленої глибини. Насіння загорнуто глибоко не мало енергії, щоб прорости, а мілко загорнуте насіння не давало сходів через відсутність достатньої кількості вологи через пересихання поверхневого шару ґрунту.

Виходячи з результатів встановлено, що використання сівалки УПС-12, незважаючи на меншу у два рази норми висіву насіння, одержано достатню густоту схожих рослин. Ще однією перевагою використання сівалки УПС-12 є дотримання прямолінійності рядків і ширини міжрядь, що під час наступних обробітків без проблем використовувати серійні культиватори для міжрядного обробітку просапних культур.

Рослини світчграсу були краще розвивались і росли на ділянці, де сімба насіння виконувалась просапною сівалкою УПС - 12 (рисунок 2), що підтверджується вищими показниками елементів врожаю біомаси (таблиця 2).



**Рисунок 2-** Рослини світчграсу після першого року вирощування

**Таблиця 2 -** Порівняння посівів світчграсу в перший рік вирощування

Показник	Значення показника за сівби	
	УПС-12	ASTRA 3,6A-06
Середня висота рослин, см	103	96
Середня кількість продуктивних стебел на 1 рослині, шт	3,6	2,9
Густота стеблостою:		
- шт/м погонний рядка	198	197
- шт/м <sup>2</sup>	441	438
Врожайність сухої маси першого року вирощування, т/га	4,2	3,8

На ділянці, де насіння висівали сівалкою УПС-12, середня висота рослин становила 103 см і була на 7 см вищою ніж на ділянці з сівбою зерною сівалкою. На цій ділянці відзначено більшу кількість продуктивних стебел (на 3 шт./га). Вищі показники елементів продуктивності посіву спричинили і вищу врожайність сухої біомаси на ділянці із сівбою просапною сівалкою 4,2 т/га проти 3,8 т/га.

Науковцями [Калетнік Г. М. та інші, 2020] встановлено, що середнє значення польової схожості за період досліджень найвищим було на варіанті досліду, де глибина загортання насіння становила 1-1,5 см – 45,7% - 46,9 %, що на 0,9 %-1,8 % більше порівняно із варіантом, де глибина загортання насіння склала 1,5-2,0 см. Ними також стверджується, що за цього варіанта глибини загортання насіння отримано найбільше виживання рослин в період вегетації та біометричні показники рослин і врожайність сухої маси.

За дослідженнями [Курило В. Л., Гументик М. Я., Каськів В. В., 2013], що оптимальною глибиною загортання насіння в ранньовесняний строк є 1,0 см. У цей термін спостерігається найбільший відсоток вологи 25,1% у шарі ґрунту 0-10 см, що позитивно вплинуло на польову схожість рослин, яка становить 56,4 %. За збільшення глибини загортання насіння до 1,5 см знизилась польова схожість на 19,8 %. Насіння світчґрасу надзвичайно чутливе до глибини загортання насіння в ґрунт, воно погано проростає, коли глибину збільшували понад 2,5 см [Ковбасюк Б. М., 2015]. Аналогічну думку висловлює також [Twain J та інші, 2016].

**Висновки.** Сівалка УПС-12 забезпечила вищі показники якості сівби світчґрасу щодо глибини та рівномірності і повноти загортання насіння ніж зернова сівалка ASTRA 3,6A-06. На цій ділянці рослини світчґрасу були краще розвинутими і росли на ділянці, де сівба насіння виконувалась сівалкою УПС-12. Середня висота рослин на цій ділянці становила 103 см і була на 7 см більшою ніж на ділянці з сівбою зерновою сівалкою. На цій ділянці відзначено більшу кількість продуктивних стебел (на 3 шт./га). Вищі показники елементів продуктивності посіву спричинили і вищу врожайність сухої біомаси на ділянці із сівбою просапною сівалкою 4,2 т/га проти 3,8 т/га.

Тому для сівби насіння світчґрасу доцільно застосовувати просапну сівалку.

### Література

1. Калетнік Г. М., Мазур В. А., Браніцький, Ю. Ю., Мазур О. В., 2020. Оптимізація технологічних прийомів вирощування проса лозовидного (світчґрас) для умов Лісостепу правобережного: Монографія. – Вінниця: ТОВ "Друк"
2. Кравчук В. , Новохацький М., Кожушко М., Думич В., Журба Г., 2013. На шляху до створення плантацій енергетичних культур. – Техніка і технології АПК, 2, 31-34
3. Ковбасюк Б. М., 2015. Вплив технологічних прийомів вирощування на продуктивність проса прутоподібного. Відновлено з <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/9247.pdf>
4. Кулик М. І., 2018. Аналіз комплексного впливу агрозаходів на урожайність проса прутоподібного в умовах центрального Лісостепу України. Вісник Полтавської державної аграрної академії, 3. – С. 74-86

5. Курило В. Л., Гументик М. Я., Каськів В. В., 2013. Вплив строків сівби та глибини загорання насіння світчграсу (проса лозовидного) на польову схожість в умовах західної частини Лісостепу України. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків : зб. наук. праць, Київ: ФОП Корзун Д. Ю., – Вип. 17. – С. 358–361.

6. Bransby D. I, Walker R. H., Miller M. S., 1997. Development of optimal establishments as an energy crop. Five year summary report. Oak Ridge National Laboratory, Tennessee.

7. Twain J. Butler, Jimmy D. Stein, Jeremy J. Pittman, and Sindy M. Interrante., 2016. Seedbed Preparation and Planting Depth Affect Switchgrass Establishment and Yield. Відновлено 3  
<https://www.researchgate.net/publication/308182511>. DOI:10.2134/cftm2016.0012

## **НАУКОВЕ ВИДАННЯ**

### **Науково-технічні засади розроблення, випробування та прогнозування сільськогосподарської техніки і технологій**

#### **Матеріали XXI Міжнародної наукової конференції**

Відповідальний за випуск – Т. Бабинець  
Коректор – О. Пономаренко  
Комп'ютерна верстка – В. Сосновська  
Дизайн – О. Литовченко

Державна наукова установа «Український науково-дослідний інститут прогнозування та випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва імені Леоніда Погорілого»  
(УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого)

Підписано до друку 15.09.2020.  
Формат 60x84/8. Папір офсетний. Друк цифровий.  
Умов. друк. арк. 16,2 .  
Наклад 100 прим.

Виготовлювач УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого.  
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції  
серія ДК № 4415 від 01.10.2012 р.  
08654, Київська обл., Білоцерківський р-н, смт Дослідницьке,  
вул. Інженерна, 5