

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**В І С Н И К**  
**ХАРКІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО**  
**УНІВЕРСИТЕТУ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА**  
**ІМЕНІ ПЕТРА ВАСИЛЕНКА**

**ТЕХНІЧНІ НАУКИ**

**Випуск 180**

**«МЕХАНІЗАЦІЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА»**

Харків 2017

УДК 631.171  
ББК 40.71

Друкується за рішенням вченої ради Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка від 23.02.2017 р.,  
протокол № 8.

В збірник включені наукові праці Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка, провідних вищих навчальних закладів, науково-дослідних інститутів і підприємств, в яких відображені результати теоретичних і експериментальних досліджень.

**Редакційна колегія:**

Доцент, к. т. н. **Нанка О.В.** (відповідальний редактор); професор, д. т. н. **Власовець В.М.** (заступник відповідального редактора); доцент, к. т. н. **Лук'яненко В.М.** (відповідальний секретар); професор, д. т. н. **Мельник В.І.**; професор, д. т. н. **Пастухов В.І.**; член-кореспондент НААНУ, професор **Мазоренко Д.І.**; професор, д. т. н. **Лебедєв А.Т.**; професор, д. т. н. **Завгородній О.І.**; професор, д. т. н. **Войтов В.А.**; професор, к. т. н. **Науменко О.А.**; професор, к. т. н. **Бакум М.В.**; доцент, к. т. н. **Харченко С.О.**; доцент, к. т. н. **Кірієнко М.М.**

*Технічний секретар: Жиліна О.О.*

Відповідальний за випуск **Власовець В.М.**

Наукове фахове видання  
Вісник Харківського національного технічного університету сільського  
господарства імені Петра Василенка  
Випуск 180

«Механізація сільськогосподарського виробництва»

**ISBN 5-7987-0176 X**

© Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, 2017 р.

## **АНОТАЦІЯ**

Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка (ХНТУСГ) включає статті, в яких приведені результати науково-дослідних робіт, проведених в університеті, а також в інших навчальних закладах України, на підприємствах, що мають сільськогосподарський профіль.

У вісник включені статті за напрямками: механотроніка технічних систем; тракторна енергетика; експлуатація машинно-тракторного парку; сільськогосподарські машини; якість, стандартизація та сертифікація; механізація тваринницьких ферм і безпека життєдіяльності. Вісник розрахований на наукових співробітників, викладачів, аспірантів, магістрів, студентів інженерно-технічних факультетів вузів сільськогосподарського профілю, фахівців сільськогосподарського виробництва.

## **АННОТАЦИЯ**

Вестник Харьковского национального технического университета сельского хозяйства имени Петра Василенко (ХНТУСХ) включает статьи, в которых приведены результаты научно-исследовательских работ, проведенных в университете, а также в других учебных заведениях Украины, на предприятиях, которые имеют сельскохозяйственный профиль.

Вестник содержит статьи за направлениями: механотроника технических систем; тракторная энергетика; эксплуатация машинно-тракторного парка; сельскохозяйственные машины; качество, стандартизация и сертификация; механизация животноводческих ферм и безопасность жизнедеятельности. Вестник рассчитан на научных сотрудников, преподавателей, аспирантов, магистров, студентов инженерно-технических факультетов вузов сельскохозяйственного профиля, специалистов сельскохозяйственного производства.

## **ABSTRACT**

The bulletin of the Petro Vasilenko Kharkiv national technical university of agriculture (KHNTUA) includes the articles, in that the brought results over of the research works conducted in an university, and also in other educational establishments of Ukraine, on enterprises that have an agricultural profile.

In announcer the included articles after directions: mechanotronics engineering systems; tractor energy; exploitation of machine tractor park; agricultural machines; quality, standardization and certification; mechanization of stock-raising farms and safety of vital functions. An announcer is counted on research workers, teachers, graduate students, master's degrees, students of technical faculties of institutions of higher learning of agricultural profile, specialists of agricultural production.



## ВПЛИВ КРИВИЗНИ РЕШЕТА НА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОЗДІЛЕННЯ НАСІННЕВОЇ СУМІШІ РІПАКУ

Бакум М.В., к.т.н., проф., Харченко С.О., к.т.н., доц.,  
Крекот М.М., к.т.н., доц., Винокуров М.О., ст. викл., Синяева О.В., асист.,  
Вотченко О.С., доц., Павленко А.С., маг.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка*

*Наведені результати експериментальних досліджень впливу основних параметрів роботи решітних сепараторів на ефективність розділення насінневої суміші ріпаку на прямолінійних і криволінійних решетах.*

**Постановка задачі.** Робочий процес з розділення насінневих сумішей на рухомих решітних поверхнях включає послідовне виконання трьох взаємопов'язаних етапів: відносно переміщення вихідної суміші по сепарувальній поверхні, сегрегацію (самосортування) суміші і просіювання компонентів через отвори решета. Багато в чому ефективність процесу розділення визначається саме характером руху і швидкістю переміщення матеріалу по поверхні решета [1-6]. Слід відмітити, що швидкість руху матеріалу з однієї сторони визначає продуктивність процесу сепарації і, очевидно, що збільшення швидкості призводить до збільшення продуктивності, але з іншого боку збільшення швидкості на певному рівні спричиняє погіршення умов просіювання компонентів через отвори решіт. Відомо, що для кожного режиму руху сепаруючої решітної поверхні і конкретного зернового матеріалу існує гранична швидкість руху матеріалу. Подальше збільшення швидкості виключає можливість просіювання компонентів через отвори решета, тобто процес розділення стає неможливим, - відбувається лише транспортування матеріалу по сепарувальній поверхні.

Зменшення швидкості призводить не лише до зменшення продуктивності, а й знижує якість розділення компонентів, адже збільшення товщини шару матеріалу на решеті знижує сегрегацію компонентів суміші (просипання менших за розмірами компонентів до поверхні решета), а значить і просіювання компонентів через отвори решета.

Слід відмітити, що оптимальний режим коливань для різних сумішей не співпадає. Більш того, для різних складових однієї суміші оптимальний режим має відрізнятися. Адже для забезпечення переміщення крупних фракцій по решету (збільшення продуктивності) необхідно більш інтенсивний режим, ніж для дрібних. Для переміщення округлих часток оптимальним буде більш помірний режим в порівнянні з плоскими частками. Для просіювання компонентів проходової фракції через круглі отвори решіт режим коливань повинен бути більш інтенсивним, щоб забезпечити додаткову сегрегацію матеріалу.

Відповідно до способів розділення, які реалізовані у існуючих

конструкціях зерноочисних машин, вихідний матеріал поступає на сепаруючі решітні поверхні з початковою швидкістю  $V_n$ . Регулюючи подачу вихідного матеріалу та режим коливань решітного стану, забезпечують таку швидкість руху насіння по решеті, при якій досягається оптимальне розділяється його на дві фракції.

При цьому, процес сепарації сипких матеріалів на решетах, який включає подачу вихідного матеріалу на решета, створення режиму коливань решітного стану оптимального для розділення та відведення продуктів сепарації, має додатково забезпечувати відмінний режим коливань для кожного решета решітного стану. Цього можна досягти, наприклад, за рахунок зміни форми решета.

Запропоноване рішення можна реалізувати за допомогою відомих решітних зерноочисних машин, якщо в конструкціях їх решітних станів передбачити пристрій для зміни кривизни решета, який забезпечує зміну його положення відносно напрямку дії збуджуючої сили [7-9].

**Мета роботи.** Дослідження інтенсифікації процесу сепарації насінневої суміші ріпаку за рахунок використання криволінійних решіт.

**Результати дослідження.** Дослідження проводили на лабораторній установці повітряно-решітної насіннеочисної машини СМ-0,15, параметрами управління процесом сепарації якої є частота коливань решітного стану, величина подачі вихідного матеріалу та кривизна решета.

Вихідним матеріалом для досліджень була насіннева суміш ріпаку сорту Донський після попереднього очищення. Насіннева суміш ріпаку містила: 94% насіння основної культури, 6% щиріці.

Частоту коливань решітного стану лабораторної установки змінювали в діапазоні від 300 до 400 кол/хв.

Результати досліджень впливу частоти коливань на сепарацію насінневої суміші ріпаку наведений на рис. 1, 2.

Дослідження проводились при подачі 10,1 кг/год на експериментальне решето шириною 240 мм. Розділення виконувалось на решеті з круглими отворами діаметром 1,3 мм.

Як видно з графіків рис. 1 частота суттєво впливає на процес сепарації як на прямолінійному решеті, так і на криволінійному радіусом  $R_3=10,635$  м

Разом з тим слід відзначити що характер зміни залежностей для обох решет однаковий.

Найбільше просівання часток проходової фракції отримали при частоті 350 кол/хв. як на прямолінійному, так і на криволінійному решеті.

Величина проходової фракції криволінійного решета становила 9,16% від вихідного матеріалу, а на прямолінійного – 7,16%. При менших частотах коливань просівання проходової фракції зменшується на обох решетах, але на прямолінійному решеті зменшується менш інтенсивно. Зменшення відбувається за рахунок недостатньої інтенсивності коливань для розгону матеріалу по решеті. На криволінійному решеті вниз матеріал надходить в гнуту частину решета що інтенсифікує переміщення насінневої суміші.

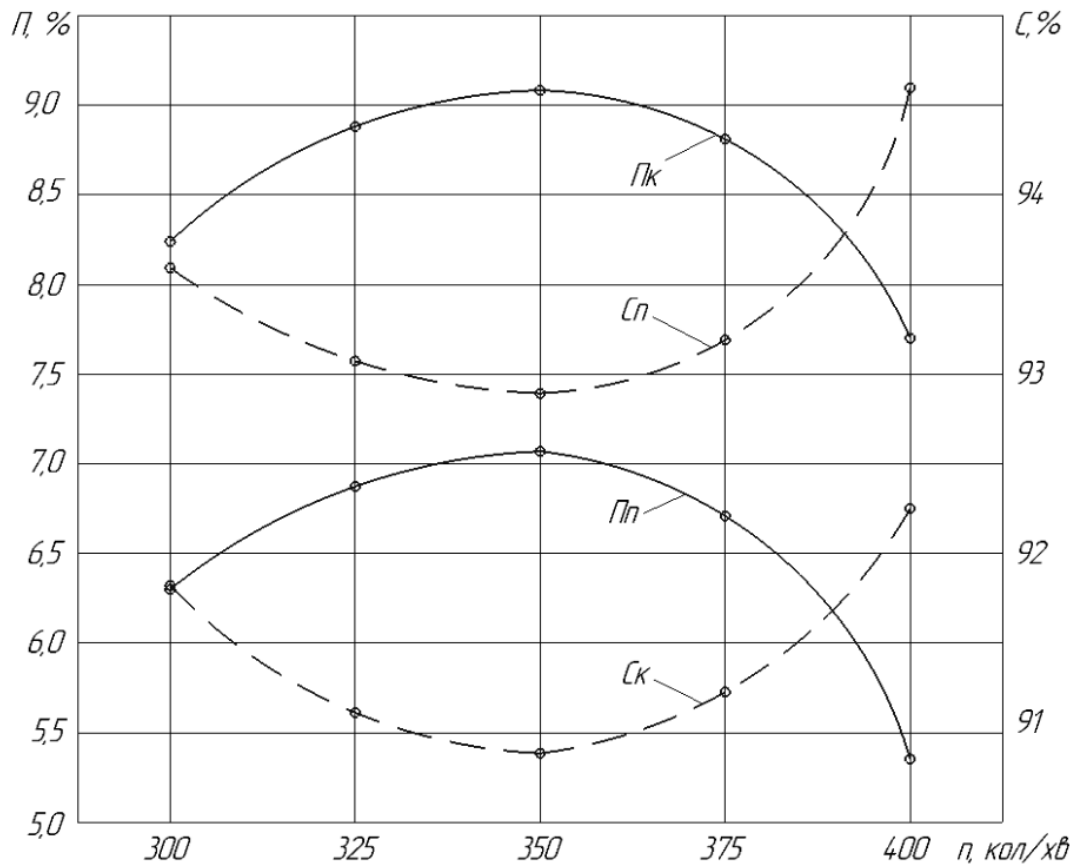


Рис. 1 – Вплив частоти коливань на сепарацію насінневої суміші ріпаку при подачі вихідного матеріалу  $q=10,1$  кг/год на решеті Пк, Ск криволінійному  $R3=10,635$  м і Пп, Сп прямолінійному

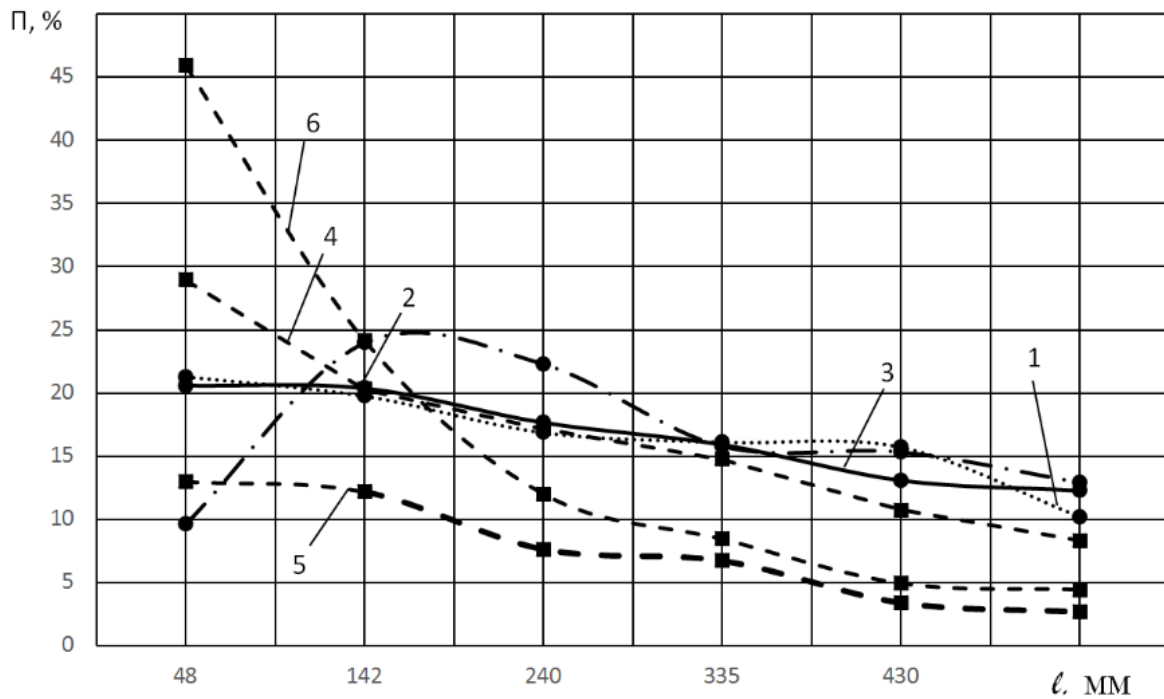


Рис. 2 – Вплив частоти коливань на просівання проходової фракції насінневої суміші ріпаку по довжині решета криволінійного  $R3=10,635$  м при  $q=10,1$  кг/год і частоті коливань кол/хв. 1-300; 2-350; 3-400 та прямолінійного: 4-300; 5-350; 6-400

Збільшення частоти до 400 кол/хв. Погіршує умови для просівання що і підтверджується зменшенням величини прохідової фракції.

Вплив частоти коливання на просівання прохідової фракції ріпаку по довжині решета наведено на рис. 2. Як видно з графіків, характер просівання по довжині решета дещо відрізняється. Для прямолінійного найбільше просівання відбувається на початку решета, а на наступних воно зменшується як за рахунок зменшення прохідової фракції на решеті, так і погіршення умов через отвори решета за рахунок збільшення швидкості переміщення. На початкових відрізках криволінійні решета, при всіх частотах коливань, кількість прохідової фракції дещо менша. Це пояснюється тим що насіння падає під кутом до поверхні решета і його отворів, що погіршує умови для просівання. Разом з тим таке положення забезпечує рівномірне розподілення насіння по поверхні решета, що сприяє інтенсифікації його просівання на наступних ділянках.

Збільшене просівання часток прохідової фракції на відрізках криволінійного решета пояснюється покращенням умов для просівання як за рахунок розміщення отворів криволінійного решета, так і зменшенням швидкості руху матеріалу.

Таким чином, результатами досліджень встановлено що оптимальною частотою коливань решітного стану для просівання прохідової фракції насінневої суміші ріпаку як на прямолінійних, так і на криволінійних решетах є частота 350 кол/хв.

Дослідження впливу подачі виконувалось при частоті коливання решета 350 кол/хв.

Досліджувалась зміна подачі в межах від 5 до 20 кг/год на експериментальне решето шириною 240 мм.

Результати досліджень наведені на рис. 3, 4. Як видно з рис. 3 величина подачі суттєво впливає на процес просівання на обох типах решіт. Причому, при малих подачах просівання обмежене через недостатню кількість матеріалу на решеті для формування умов просівання.

На прямолінійних решетах, при малих подачах, величина прохідової фракції значно менша прохідової фракції криволінійного решета. Збільшення подачі до 12-15 кг/год забезпечить найкращі умови для просівання прохідової фракції, але величина проходу решета радіусом  $R_3=10,635$  на 14,83% більша маси прохідової фракції прямолінійного решета і становить 9,16% від маси вихідного матеріалу.

Подальше збільшення величини подачі призводить до погіршення умов просівання прохідової фракції як на прямолінійному, так і на криволінійному решеті.

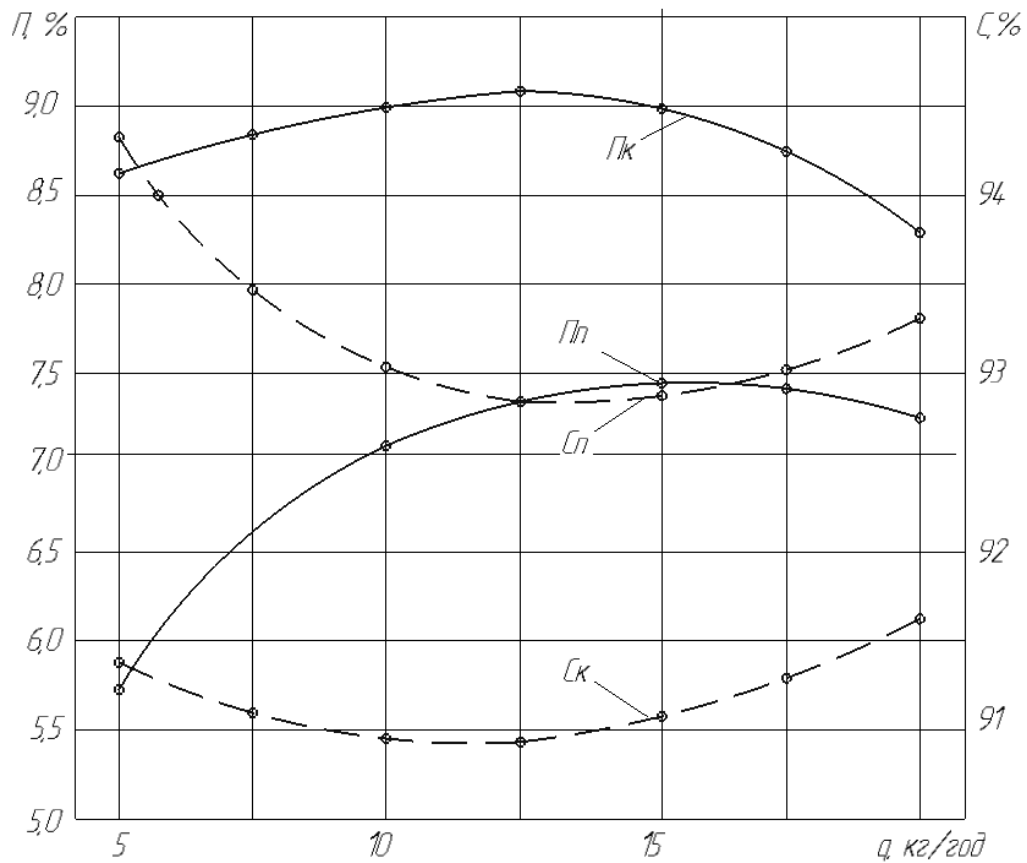


Рис. 3 – Вплив подачі на просівання насінневої суміші ріпаку при  $n=350$  кол/хв: Пп, Сп - просівання на прямолінійному решеті; Пп, Сп - просівання на криволінійному решеті  $R3=10,635$

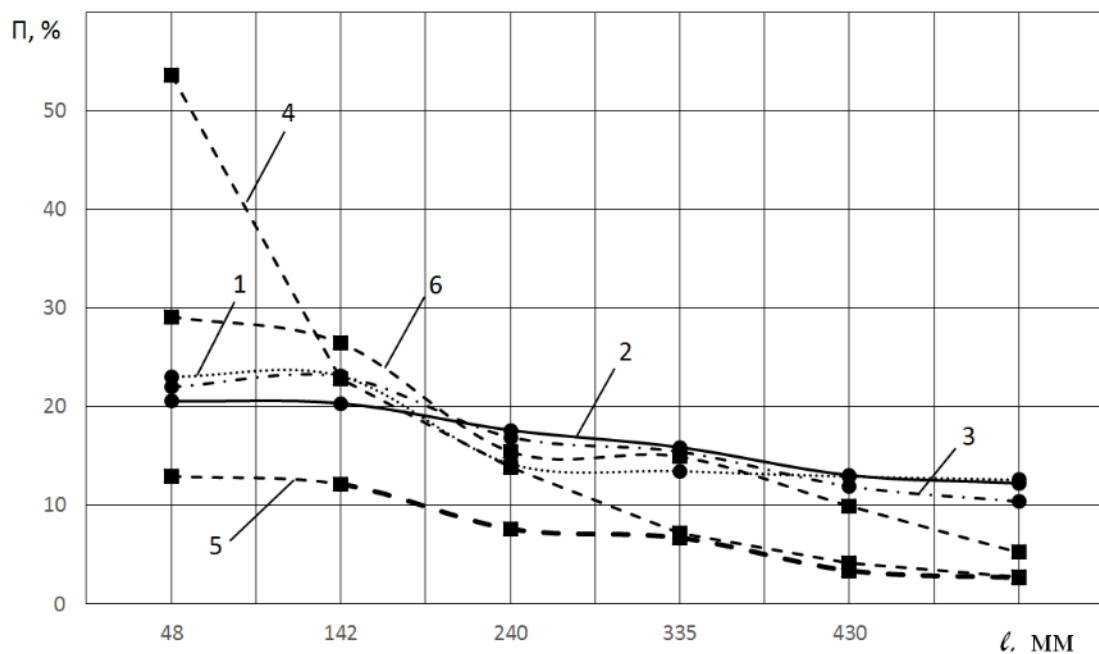


Рис. 4 – Вплив величини подачі на просівання прохідової фракції насінневої суміші ріпаку по довжині решета криволінійного  $R3=10,635$  м, при  $n=350$  кол/хв і подачі, кг/год: 1- $q=6,8$ ; 2- $g=10,1$ ; 3- $q=17,4$  та прямолінійного: 4-  $q=6,8$ ; 5-  $g=10,1$ ; 6-  $q=17,4$

Результати впливу величини подачі на просівання прохідової фракції насінневої суміші ріпаку по довжині решет наведені на рис. 4.

Як видно з графіків характер залежностей просівання подібний для прямолінійного і криволінійного решіт. Разом з тим слід зазначити, що на прямолінійних решетах просівання на початкових ділянках більш суттєві за винятком перевантаження (крива 6 рис. 3.7), а на кінцевих не велике, що пояснюється погіршенням умов просівання через значну швидкість руху матеріалу по решету.

На криволінійному решеті зміна величини просівання по довжині решета менш інтенсивна, що свідчить про створення більш сприятливих умов.

Найбільш оптимальною подачею для просівання, як видно з рис. 4, є крива 2 оскільки насіння просівається по всій довжині решета.

Для дослідження впливу кривизни решета на якість сепарації використовували змінні спрямовуючі, які забезпечували кривизну решета: R1=4,275 мм і максимальну величину прогину  $h_{max}=25$  мм; R2=7,1 мм і  $h_{max}=15$  мм; R3=10,635 мм і  $h_{max}=10$  мм; R4=21,257 мм і  $h_{max}=5$  мм.

Криволінійні решета встановлювались на експериментальну установку СМ-0,15.

Дослідження проводились при частоті  $n=350$  об/хв. і подачі  $q=10,1$  кг/год на решето шириною 240 мм і довжиною 570 мм.

Результати досліджень впливу кривизни зображені на рис 5. Як видно з графіків кривизна решета суттєво впливає на якість сепарації. Із досліджуваних криволінійних решіт всі забезпечили більше просівання прохідової фракції ніж прямолінійне решето.

Найбільша величина прохідової фракції отримана на криволінійному решеті радіусом R4=21,257 м з величиною максимального прогину в середній його частині рівній  $h_{max}=5$  мм. Вона становить 9,64% від маси вихідного матеріалу.

Подальше збільшення кривизни решета погіршує умови просівання прохідової фракції за рахунок збільшенню швидкості руху на початку решета і нагромадження матеріалу в другій його половині через затруднення зсипання з решета.

На прямолінійному решеті величина прохідової фракції менша від усіх варіантів криволінійного решета.

Таким чином, за рахунок оптимальної кривизни решета величина прохідової фракції збільшилась на 2,48% від маси вихідного матеріалу, тобто просівання зросло на криволінійному решеті на 34,64%.

Це підтверджує прийняту гіпотезу про можливість інтенсифікації процесу на решетах за рахунок використання криволінійних решіт.

Вплив кривизни решета на просівання прохідової фракції по довжині наведені на рис. 6.

Як видно з рисунку характер просівання фракції по довжині решета прямолінійного і криволінійного решіт дещо відрізняється.

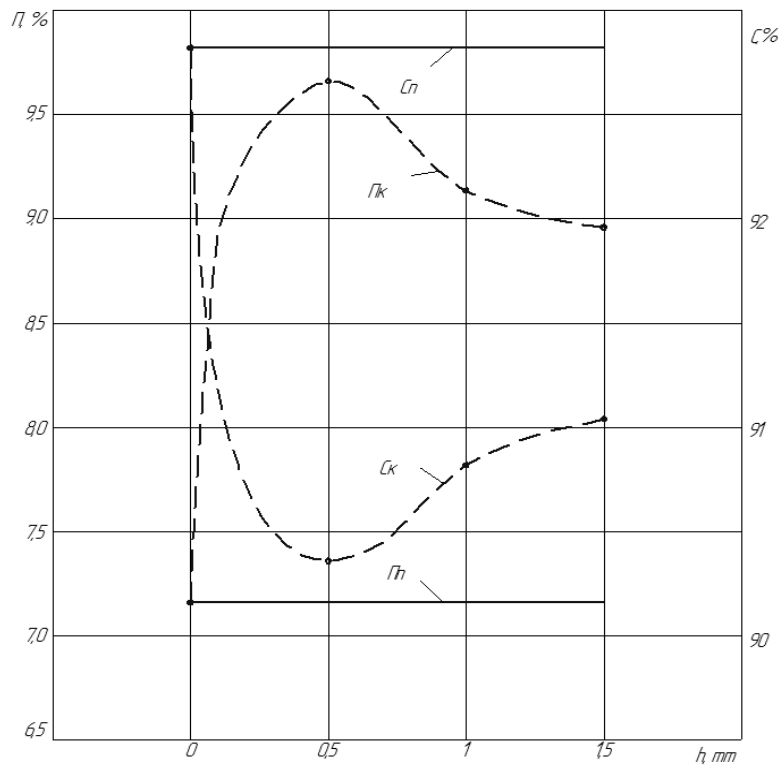


Рис. 5 – Вплив кривизни решета на якість сепарації при  $q=10,1$  кг/год та частоти  $n=350$  кол/хв на Пк, Ск – криволінійному і Пп, Сп – прямолінійному.

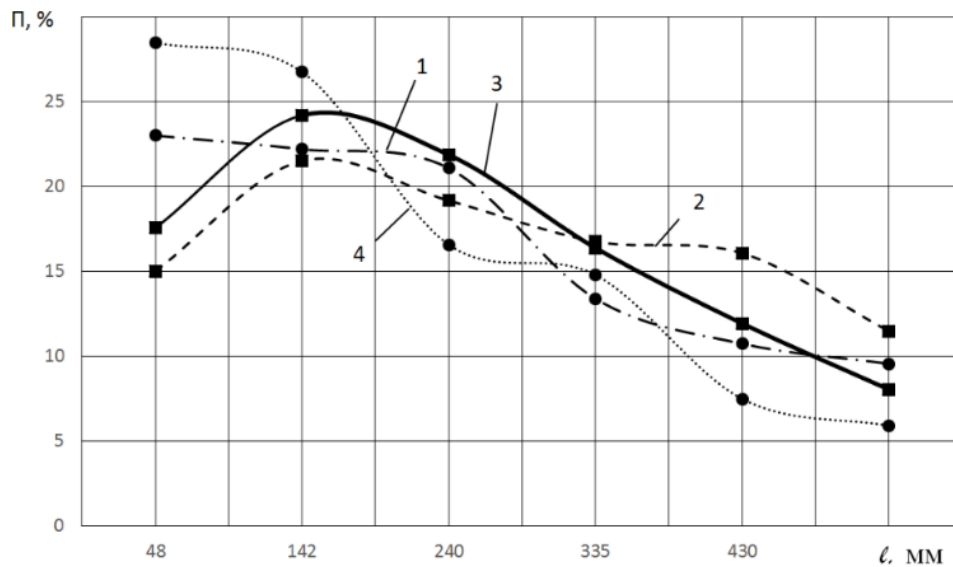


Рис. 6 – Вплив кривизни решета на величину проходової фракції П по довжині решета при  $q=10,1$  кг/год та частоти  $n=350$  кол/хв на Пк, Ск – криволінійному і Пп, Сп – прямолінійному.

1-R2=7,1м; 2-R3=10,635м; 3-R4= 21,257м; 4-прямолінійне решето.

**Висновки.** 1. Встановлені оптимальні режими роботи насіннеочисної машини з криволінійними і прямолінійними решетами для очищення насінневої суміші ріпаку: частота коливань решітного стану 350 кол/хв; подача на решето шириною 0,24 м насінневого матеріалу 10,1 кг/год; радіус кривизни решета

R=21,257 м.

2. За рахунок оптимальної кривизни решета величина прохідової фракції збільшилась на 2,48% від маси вихідного матеріалу, тобто просівання прохідової фракції зросло на 34,64% в порівнянні з прямолінійним решетом.

### Список використаних джерел

1. Интесификация сепарирования зерна. – Харьков: Основа, 2004.-224с.
2. Заїка П.М. Динаміка вібраційних машин. Машинобудування. 1977-278с.
3. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Том 3, розділ 7. Очистка сортування насіння. – Х.: Око: 2006.-408 с.
4. Гортинський В.В., Демский А.Б, Борискін М.А. Процеси сепарування на зерно перероблювальних підприємствах. –М.: Колос, 1980. – 304 с.
5. Кожуховский И. Е. Зерноочисні машини. М.: Машинобудування, 1974. - 200с.
6. Кленин Н.И., Сакун В.Ф. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. М.: Колос, 1994 -751с.
7. Патент України 41458, Бакум М.В., Леонов В.П., Бобро Н.Г. та ін... Віброрешітний сепаратор. В07В 1/40 U 200814237; заявл. 10.12.2008; Опубл. 25.05.2009, № 10. – 5с
8. Патент України 14783, Бакум М.В., Леонов В.П., Горбатовский О.М. та ін... Решітний стан. А01D 34/00 U 200512897; заявл. 30.05.2005; Опубл. 15.05.2006, № 5. – 3с
9. Патент 27642 України. Вібраційна насінневоочисна машина / Бакум М.В., Путінцев А.А., Берюков І.А., Лукьянченко О.В. А01F 12/44 U 200707081; заявл. 25.06.2007; Опубл. 12.11.2007, № 18. – 5с

### Аннотация

#### **ВЛИЯНИЕ КРИВИЗНЫ РЕШЕТА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗДЕЛЕНИЯ СЕМЕННОЙ СМЕСИ РАПСА**

Бакум Н.В., Крекот Н.Н., Винокуров Н.А., Синяева О.В., Павленко А.С.

*Приведены результаты экспериментальных исследований влияния основных параметров работы решётных сепараторов на эффективность разделения семенной смеси рапса на прямолинейных и криволинейных решётах.*

### Abstract

#### **THE INFLUENCE OF THE SIEVE CURVATURE ON THE EFFECTIVENESS OF SEPARATING THE SEED MIXTURE OF RAPE**

N. Bakum, N. Krekot, N. Vinokurov, O. Sinyaeva, A. Pavlenko

*The results of experimental studies of the influence of the main parameters of the operation of grid separators on the efficiency of separating the seed mixture of rapeseed on rectilinear and curvilinear grids are presented.*



## РЕЗУЛЬТАТИ ОЧИЩЕННЯ НАСІННЕВОЇ СУМІШІ СОЇ НА ПНЕВМАТИЧНОМУ СЕПАРАТОРІ

Бакум М.В., к.т.н., проф., Крекот М.М., к.т.н., доц.,  
Шептур О.А., к.т.н., доц., Абдуєв М.М., к.т.н., доц., Сіняєва О.В., асист.,  
Циба М.В., асист

*Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка*

*Наведені результати експериментальних досліджень очищення насінневої суміші сої пневматичним сепаратором з нахиленим повітряним каналом. За один пропуск отримано 88,58% від маси вихідного матеріалу кондиційного насіння сої.*

**Постановка задачі.** Одним із основних факторів отримання високих урожаїв сої є використання високоякісного посівного матеріалу.

При механізованому збиранні сої в бункер комбайна надходить як повноцінне, так і недозріле насіння основної культури, а також значна кількість легких домішків (суцвіть, часточок стебел), мінеральних домішок різного фракційного складу. Крім того при обмолочуванні частина насіння сої травмується або розколюється на дві половинки. Такий матеріал не придатний для зберігання, а травмоване насіння нездатне формувати повноцінний росток і тому його наявність у посівному матеріалі знижує якісні показники.

Використання серійних технологічних ліній для післязбиральної обробки сої призводить до збільшення травмування насіння основної культури [1].

На кафедрі сільськогосподарських машин ХНТУСГ ім. П. Василенка розроблена конструкція пневматичного сепаратора з нахиленим робочим каналом і нерівномірним повітряним потоком по його висоті використання якого забезпечує високу ефективність підготовки посівного матеріалу зернобобових, овочевих культур та трав [2-6].

**Мета роботи.** Дослідження ефективності використання пневматичного сепаратора з нахиленим каналом на очищенні насінневої суміші сої.

**Результати дослідження.** Дослідження проводили на експериментальному зразкові пневматичного сепаратора з нахиленим повітряним каналом і нерівномірним повітряним потоком по його висоті. Конструктивна схема сепаратора наведена на рис. 1.

Сепаратор складається із вентиляторної установки і нахиленого повітряного каналу які з'єднані між собою болтами.

Вентиляторна установка включає вентилятор високого тиску 1, з вхідним патрубком 2, який приводиться в рух електродвигуном через пасову передачу. До вихідного патрубка вентилятора прикріплена проставка 4 в якій встановлено вертикальні жалюзі 3 для вирівнювання швидкості повітряного потоку у поперечному напрямі проставки. На виході проставка має розміри, які

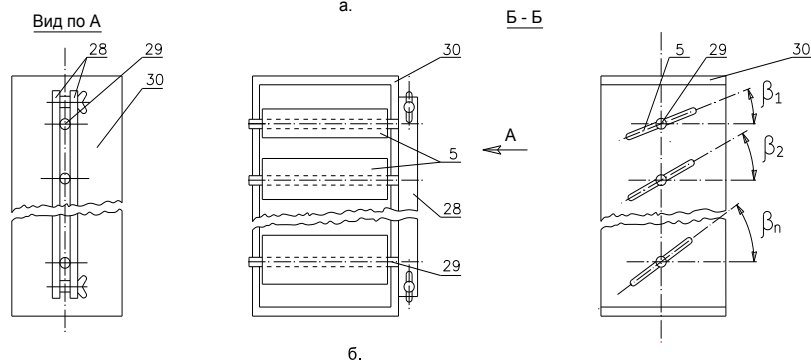
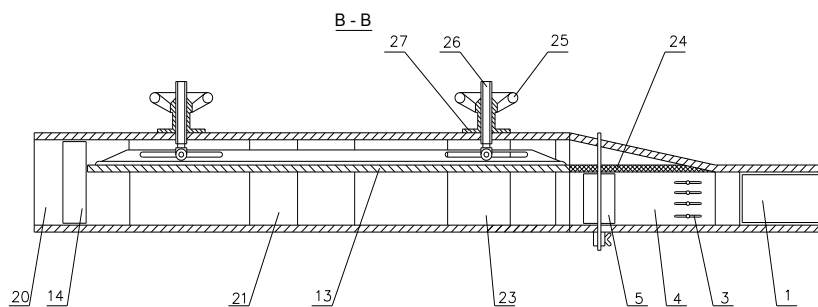
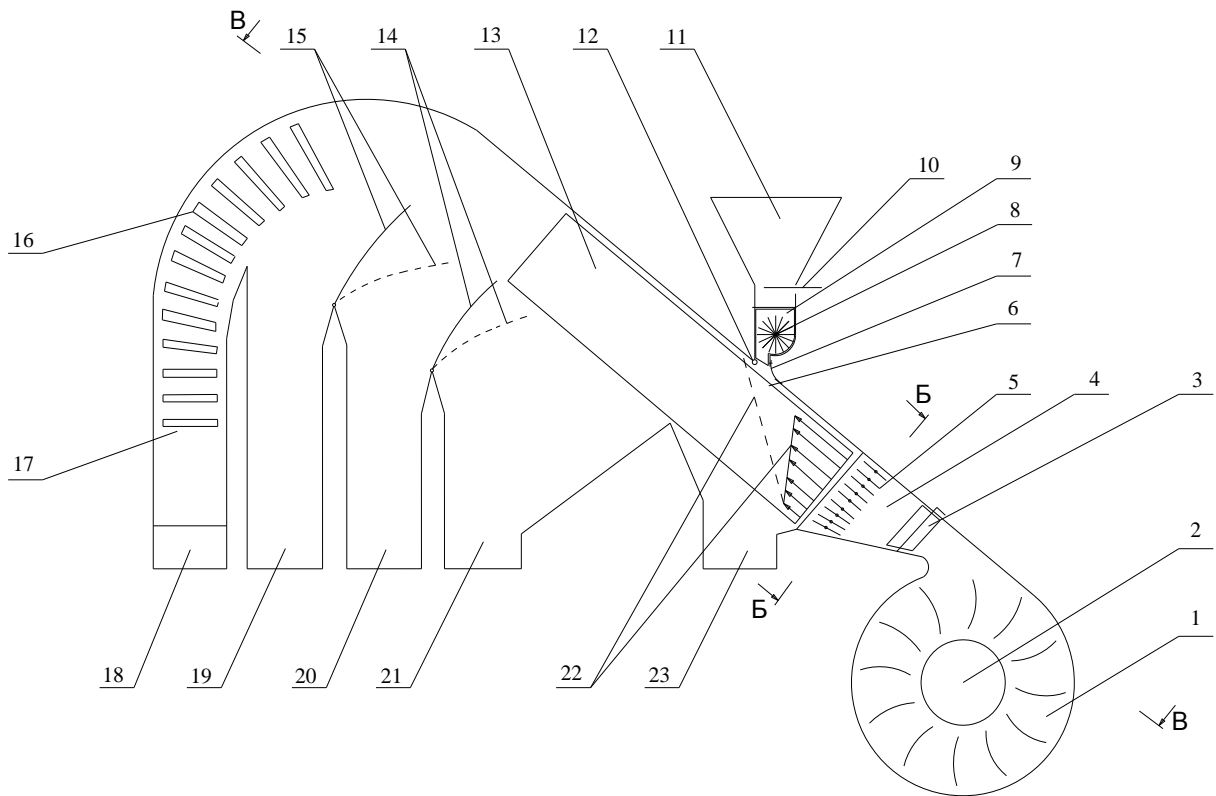


Рис. 1 – Схема модернізованого пневматичного сепаратора з нахиленим повітряним каналом:

1 – вентилятор; 2 – вхідний патрубок; 3 – вертикальні жалюзі; 4 – проставка; 5 – горизонтальні жалюзі; 6 – сепарувальна камера; 7 – еластичний щиток; 8 – циліндрична щітка живильника; 9 – рухома боковина живильника; 10 – регулювальна заслінка живильника; 11 – бункер; 12 – шарнір живильника; 13 – ділильник; 14, 15 – подільники між приймачами; 16 – інерційний пиловідокремлювач; 17 – осаджувальна камера; 18 – пилозбірник; 19, 20, 21, 23 – приймачі продуктів розділення; 22 – епюри швидкості повітря по висоті; 24 – еластичний напрямник; 25 – штурвал; 26 – регулювальний гвинт з проушиною; 27 – опора; 28 – притискна пластина; 29 – вісь жалюзі; 30 – стінка проставки

відповідають розмірам нахиленого каналу. У проставці 4 розташований механізм регулювання швидкості повітряного потоку по висоті каналу (рис. 1,б) який виконаний з набору поворотних пластин 5, закріплених жорстко на осях 29 що проходять через осьові лінії боковин 30 проставки, причому осі закріплені паралельно нижній (верхній) стінці проставки. Положення кожної пластини 5 (кут  $\beta$  її нахилу відносно поздовжньої осі каналу) можна регулювати окремо, повертаючи відповідні осі 29. Фіксація положення всіх пластин виконується одночасно прижимними пластинами 28.

Нахилений повітряний канал складається з сепарувальної камери 6 у нижній частині якої розміщені чотири приймачі 19, 20, 21 і 23 продуктів розділення. Перегородки 14 між 20 і 21 приймачами, а також 15 між 19 і 20 приймачами виконані поворотними що дає можливість регулювати вміст приймачів. В нижній частині приймачів встановлено заслінки і мішкотримачі, які дозволяють закріплювати мішки для збирання продуктів розділення кожного приймача окремо.

До верхньої стінки сепарувальної камери 6 шарнірно закріплений живильник з циліндричною щіткою 8 і рухомою боковиною 9. До живильника приєднаний бункер 11 який в нижній частині має регулювальну заслінку 10.

До сепарувальної камери 6 прикріплюється інерційний пиловідокремлювач 16 з осаджувальною камерою 17, яка закінчується фільтрувальним пилозбірником 18 із тканини (мішковини).

Регулювання швидкості повітряного потоку в сепарувальній камері 6 виконується зміною її ширини, переміщенням ділильника 13, за допомогою регулювальних гвинтів 26, закріплених в опорах 27, штурвалами 25. Ділильник 13 еластичним напрямником 24 з'єднується з вихідним патрубком

Вихідний матеріал із бункеру 11 циліндричною щіткою 8 живильника подається в нахилений повітряний канал 6 рівномірно по всій його ширині. Інтенсивний повітряний потік у верхній частині каналу (швидкість повітря більша критичної швидкості переважної більшості компонентів вихідного матеріалу) має велику транспортуючу здатність, за рахунок чого швидко «розвантажується» зона каналу біля завантажувального вікна. Причому більшість легких домішок з великим коефіцієнтом вітрильності відділяються в самій верхній частині каналу і транспортуються також вздовж верхньої частини каналу (не можуть опуститися, оскільки максимальна швидкість повітряного потоку знаходиться дещо нижче верхньої стінки каналу із-за опору стінок каналу, дивись вигляд епюри 22 швидкостей повітря по висоті каналу) аж в осаджувальну камеру 17. Важчі компоненти вихідного матеріалу з меншими коефіцієнтами вітрильності інтенсивно транспортуються при більшій швидкості повітря, яку мають дещо нижчі шари повітряного потоку. Ці шари повітряного потоку остаточно видувають легші домішки, які за якимись причинами не відділились повітряним потоком на більш високих відрізках повітряного каналу. Важчі компоненти під дією гравітаційних сил рухаються по криволінійних траєкторіях і попадають у нижню частину каналу, де повітряний потік більш помірніший. В таких умовах (спокійніших) компоненти матеріалу мають можливість повніше проявити свої аеродинамічні властивості, точніше

розділитися за їх різницею і надходять у приймачі 19, 20, 21, 23 продуктів розділення. Співвідношення мас компонентів у цих приймачах, а отже і якість розділення чи сортування, можна регулювати поворотом перегородок 14 і 15. Важкі домішки (грудочки ґрунту, камінці, металеві включення та інші) попадають до приймача 23.

Легкі домішки і пил із осаджувальної камери 17 потрапляють у фільтрувальний пилозбірник 18 який виконано у дослідному зразкові із мішкщини.

Вихідним матеріалом для досліджень була насіннева суміш сої урожаю 2016р. Вміст насіння основної культури у вихідному матеріалі становив 88,58%, щуплого та прілого насіння сої відповідно 3,09 та 0,97%, а пошкодженого насіння 4,24%, легких домішок (подрібнені стебла та суцвіття) – 3,12%. Насіннева суміш сої не відповідала вимогам державного стандарту.

Згідно ДСТУ 2240-93 в кондиційному посівному матеріалі сої першої – третьої репродукції, вміст насіння основної культури повинен бути мінімум 95%, насіння інших культурних рослин не більше 8шт/кг а насіння бур'янів не більше 10шт/кг. Схожість насіння основної культури повинна бути не нижчою 80%.

Результати сепарації насінневої суміші сої на пневматичному сепараторі наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Результати сепарації насінневої суміші сої на пневматичному сепараторі

Показники	Вихідний матеріал	Фракції розділення				
		I	II	III	IV	V
Всього, %	100	88,58	2,32	2,82	3,51	2,77
Насіння основної культури, %	88,58	100	-	-	-	-
Пошкоджене насіння основної культури, %	4,24	-	20,47	35,87	78,37	-
Щупле насіння основної культури, %	3,09	-	72,62	50,35	-	-
Пріле насіння основної культури, %	0,97	-	6,91	13,78	11,92	-
Легкі домішки, %	3,12	-	-	-	9,71	100
Якість сепарації	-	Конд.	-	-	-	-

Як видно з таблиці 1, в першу фракцію виділилось 88,58% від маси вихідного матеріалу. Вміст фракції складає повноцінне насіння основної культури. Так як в процесі обробки матеріалу він не контактує із активними механічними робочими органами, то навіть мікропошкоджень насіння не виявлено. Така фракція за всіма показниками відповідає вимогам до високоякісного посівного матеріалу. Наступні фракції не містять повноцінного насіння основної культури. Основну частину ii і iii фракції складає щупле насіння сої, відповідно, 72,62 і 50,35% від маси фракції. Пошкоджене насіння основної

культури виділилося у ii і iii і IV фракції. Так найбільша його кількість 78,37% потрапила до IV фракції і менше 20,47 та 35,87% до ii і iii фракції. Аналогічну тенденцію розподілення по ii і iii фракціях має пріле насіння сої. Так в ці фракції виділилося прілого насіння, відповідно, 6,91 і 13,78% від маси фракції. А до IV фракції виділилося лише 11,92% прілого насіння. Легкі домішки виділилися до IV і V фракцій. Причому у IV вони становлять лише 9,71% від маси фракції, а в V 100% її маси.

**Висновки 1.** За один пропуск насінневої суміші сої отримано 88,58% від маси вихідної фракції кондиційного посівного матеріалу.

2. Так як в процесі обробки насінневий матеріал не контактує із активними механічними робочими органами сепаратора, то навіть мікропошкодження насіння не відбувається, що підвищує не лише посівні властивості матеріалу а і збільшує тривалість зберігання.

### Список використаних джерел

1. Кожуховский И.Е. Зерноочистительные машины / И.Е. Кожуховский. – М: Машиностроение, 1974. – 200 с.
2. Патент № 51675 Україна, МПК (2009) В07В4/00. Пневматичний сепаратор / Бакум М.В., Кречот М.М. - № 201001264; опубл. 26.07.2010, Бюл. № 14. – 4 с.
3. Деклараційний патент на винахід №70667А України, МКІ В07В4/00. Спосіб розділення насінневих сумішей у нахиленому повітряному потоці та пристрій для його здійснення / М.В. Бакум, Ю.О. Манчинський, М.М. Абдуєв, М.М. Кречот. – № 20031212049; Заявл. 22.12.03; Опубл. 15.10.2004. Бюл. № 10. – 4 с.
4. Бакум М.В. До обґрунтування ефективності використання пневматичного сепаратора з нахиленим повітряним каналом в якості машини попередньої сепарації насінневих сумішей моркви / Бакум М.В., Кречот М.М., Абдуєв М.М., Вотченко О.С., Шептур О.А., Могильний М.В. // Механізація сільськогосподарського виробництва: Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. – Харків: ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2011. – Вип. 107, Т.1.– С. 214-220.
5. Бакум М.В. Результати виробничих випробувань модернізованого пневматичного сепаратора з нахиленим повітряним каналом / Бакум М.В., Кречот М.М., Абдуєв М.М., Вотченко О.С., Леонов В.П., Шевченко М.І. // Механізація сільськогосподарського виробництва: Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. – Харків: ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2008. – Вип. 75, Т.2.– С. 72-78.
6. Сисолін П.В. Сільськогосподарські машини / теоретичні основи, конструкція, проектування / машини та обладнання для переробки зерна та насіння / Сисолін П.В. Петренко М.М. Свирень М.О. Книга 3 за ред. М.І. Черновола - К.: Фенікс, 2007. 432с.

## **Аннотация**

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ОЧИСТКИ СЕМЕННОЙ СМЕСИ СОИ НА ПНЕВМАТИЧЕСКОМ СЕПАРАТОРЕ**

Бакум Н.В., Крекот Н.Н., Шептур А.А., Синяева О.В., Абдуев М.М., Циба Н.В.

*Приведены результаты экспериментальных исследований очистки семенной смеси сои пневматическим сепаратором с наклонным воздушным каналом. За один проход получено 88,58% от массы исходного материала кондиционного материала сои.*

## **Abstract**

### **RESULTS OF CLEANING THE SOYBEAN SEED MIXTURE ON A PNEUMATIC SEPARATOR**

N. Bakum, N. Krekot, A. Sheptur, O. Sinyaeva, M. Abduyev, N. Tsiba

*The results of experimental studies of cleaning the soybean seed mixture with a pneumatic separator with an inclined air channel are presented. In one pass, 88.58% of the weight of the initial material of the soybean conditioning material was obtained.*

## ОСОБЛИВОСТІ ВІБРОСЕПАРАЦІЇ НАСІННЯ РІПАКУ

**Бакум М.В., к.т.н. проф., Михайлов А.Д., к.т.н. доц., Козій О.Б., к.т.н. доц.,  
Абдуєв М.М., к.т.н. доц.**

*Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка*

*Наведено результати експериментальних досліджень доочищення та сортування насіння ріпаку на вібраційній насіннеочисній машині.*

**Постановка проблеми.** Зерновий ворох, який надходить з бункера комбайна, складається із зерна основної культури, зерна інших культурних рослин, насіння бур'янів, подрібнених стеблинок та інших домішок.

Згідно агротехнічних вимог до комбайнів у бункері зернозбирального комбайна повинно бути не менше 95,0% чистого зерна. Але у реальних умовах збирання це не завжди забезпечується. Причинами цього може бути незадовільний стан посівів під час збирання, велика забур'яненість, значна вологість, неправильне налагоджування зернозбирального комбайна та інші причини.

Тому однією з основних задач процесу післязбиральної обробки є доведення зібраного врожаю насінневого матеріалу до стану передбаченого державними стандартами.

Основними показниками, що визначають якість очищення та сортування, є вміст насіння основної культури, схожість насіння, вміст насіння бур'янів, вирівняність за розмірами та інші показники.

Зерноочисні машини за один пропуск повинні доводити насінневий матеріал, у тому числі насіння ріпаку, до посівних кондицій у відповідності до вимог ДСТУ [6, 7]. Однак це не завжди вдається навіть при багаторазових пропусках насінневого матеріалу через робочі органи цих машин.

У зв'язку з цим, розробка нових засобів механізації для очищення та сортування насіння ріпаку має важливе значення і є актуальною задачею.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У теперішній час застосовують різні способи очищення та сортування насіння сільськогосподарських культур, у тому числі насіння ріпаку: за аеродинамічними властивостями, розмірними характеристиками, щільністю, станом і формою насіння та іншими ознаками [1, 2].

Несвоєчасне і неякісне очищення та сортування насінневого матеріалу призводить до підвищення його вологості, самозігрівання, пліснявіння, погіршення посівних та сортових якостей.

Післязбиральна обробка насіння ріпаку являє собою комплекс взаємозалежних операцій, в результаті виконання яких забезпечується тривале зберігання насіння і підвищення його якості до такого рівня, при якому воно може бути використане відразу або через якийсь час на насінневі цілі. Обробка

насіння забезпечує високий технологічний ефект у тому випадку, коли всі операції виконуються у визначеній послідовності і своєчасно.

У зв'язку з цим, особлива увага надається розробці прогресивних енергозберігаючих та ресурсозберігаючих технологій післязбиральної обробці, зберіганню насіння та створенню для цього сучасних високоефективних і високопродуктивних машин і обладнання.

Підготовка високоякісного насіння ріпаку здійснюється при використанні різних технологій та засобів механізації його післязбиральної обробки. Але треба відмітити, що на зерноочисних машинах, які використовуються при сепарації насінневих сумішей за такими технологіями, не завжди є можливість отримати високоякісне насіння основної культури.

Доочищення та сортування насіння ріпаку здійснюється на спеціальних зерноочисних машинах за різними ознаками сепарації (щільністю, формою, станом поверхні насіння та ін.). Суттєвим недоліком таких зерноочисних машин, є низька якість очищення насіння, невелика їх продуктивність, труднощі в інтенсифікації процесу сепарації. Низька технологічна ефективність цих машин зумовлена ще тим, що принцип сепарації виконується на підставі тільки окремих властивостей (переважно одній) розділення компонентів насінневих сумішей.

Харківським національним технічним університетом сільського господарства імені Петра Василенка на кафедрі сільськогосподарських машин розроблено лінійку вібраційних насіннеочисних машин, які найшли у сільському господарстві широке використання при сепарації важковідокремлюваних насінневих сумішей різних сільськогосподарських культур культур, у тому числі насіння ріпаку.

Технологічний процес вібросепарації насіння на фрикційних неперфорованих поверхнях цих машин ґрунтується на розділенні компонентів насінневих сумішей за комплексом фізико-механічних властивостей (фрикційними властивостями, пружністю і формою насіння) [3 – 5].

**Мета досліджень.** Дослідити можливість доочищення насіння ріпаку від важковідокремлюваного насіння бур'янів та домішок з одночасним сортуванням насіння основної культури.

**Результати досліджень.** Післязбиральна обробка насіння ріпаку має певні труднощі у зв'язку з потраплянням у насіння основної культури важковідокремлюваного насіння бур'янів та домішок. Це насіння: проса курячого, будяку, щетинника, березки польової та багатьох інших.

Значну частину вороху можна очистити на існуючих зерноочисних лініях, що включають повітряно-решітно-трієрні зерноочисні машини та спеціальні зерноочисні машини. Але втрати насіння ріпаку у відхід при цьому ще достатньо великі. Тому необхідно проводити пошук нових способів сепарації та засобів доочищення і сортування, які могли б доповнити існуючі потокові лінії по доведенню насіння ріпаку до високих посівних кондицій та максимального зменшення втрат насіння основної культури у відхід.

У таблиці 1 наведено результати експериментальних досліджень доочищення та сортування насіння ріпаку на вібраційній насіннеочисній машині.

Конструктивно-кінематичні параметри вібраційної насіннеочисної



машини були наступними: поздовжній кут нахилу робочої поверхні - 4,9°, поперечний кут - 2,4°, амплітуда коливань робочого органу - 1,1 мм, частота коливань – 1850 кол./хв., кут спрямованості коливань - 31,0°. Продуктивність машини при установці однієї робочої поверхні, облицьованої брезентом, склала 8,7 кг/год.

Згідно з державним стандартом України [6, 7] насіння ріпаку повинно відповідати наступним посівним показникам: сортова чистота - 97,2%; вміст насіння основної культури мінімум - 96,0%; вміст насіння інших культурних рослин максимум – 120 шт./кг; вміст насіння бур'янів максимум – 280 шт./кг; схожість мінімум - 80,0%; вологість максимум - 12,0%.

Вихідна суміш ріпаку (після сепарації на існуючих зерноочисних машинах) була некондиційною, тому що містила 4,05% (5230 шт./кг) насіння бур'янів, стеблинок 2,21%. Маса 1000 насінин - 3,57 г. Неповноцінне насіння основної культури складало 4,01%.

В результаті доочищення з одночасним сортуванням насіння ріпаку на вібраційній насіннеочисній машині (таблиця 1) встановлено, що у перший - другий приймальники потрапило 58,41% насіння, яке за вмістом насіння основної культури, відповідно, перевищило вихідну суміш на 9,81% і 10,15%, та відповідало вимогам державного стандарту України [6, 7]. В ці фракції не потрапило насіння бур'янів та стеблинки, але неповноцінне насіння ріпаку склало, відповідно, 0,46% і 0,12%.

Маса 1000 насіння збільшилась, у порівнянні з вихідною сумішшю, відповідно, на 0,17 г і 0,0,29 г.

У третій приймальник потрапило насіння ріпаку (вихід насіння 29,43%) яке за вмістом насіння основної культури відповідає вимогам ДСТУ [6, 7].

Ця фракція містила у собі 1,87% (210 шт./кг) насіння бур'янів, у тому числі насіння проса курячого 0,28% (30 шт./кг), березки польової 1,59% (180 шт./кг). Неповноцінне насіння ріпаку склало 2,12%.

У порівнянні з вихідним матеріалом маса 1000 насінин ріпаку підвищились на 0,13 г.

Вміст насіння основної культури в четвертому приймальнику склало лише 48,09%, при вмісту насіння основної культури у вихідній суміші - 89,73%.

В цю фракцію потрапило 22,58% (13470 шт./кг) насіння бур'янів, у тому числі: проса курячого 3,74% (1370 шт./кг), щетинника 14,62% (10900 шт./кг), березки польової 4,22% (1200 шт./кг), що не відповідає вимогам стандарту [6, 7]. Вміст неповноцінного насіння ріпаку склало 29,33%.

Маса 1000 насінин цієї фракції 3,3 г, що на 0,23 г менша маси 1000 насінин вихідної суміші.

В п'яту - шосту фракції потрапила суміш із значно меншим вмістом насіння основної культури (12,02% і 3,04%), ніж у вихідній суміші (89,73%). Вміст насіння бур'янів, відповідно, було 28,55% (75350 шт./кг) і 22,63% (56550 шт./кг).

Таблиця 1 – Результати доочищення та сортування насіння ріпаку на вібраційній насінноочисній машині

Найменування показників	Вихідна суміш	Номер фракції (приймальника)						
		1	2	3	4	5	6	7
Розподілення насіння по фракціях, %	100, 0	9,91	48,50	29,43	6,24	0,84	1,77	3,31
Розподілення суміші зростаючим підсумком, %	–	9,91	58,41	87,84	94,08	94,92	96,69	100,00
Вміст насіння ріпаку, %	89,73	99,54	99,88	96,01	48,09	12,02	3,04	0,00
Маса 1000 штук насінин, г	3,57	3,74	3,86	3,50	3,34	2,62	2,13	-
Вміст неповноцінного насіння ріпаку, %	4,01	0,46	0,12	2,12	29,33	50,20	34,54	12,72
Стеблинки, %	2,21	–	–	–	–	9,23	39,79	43,21
Вміст насіння бур'янів; в тому числі: %/шт./кг	4,05/5230	–	–	1,87/210	22,58/13470	28,55/75350	22,63/56550	43,98/81450
проса курячого	0,29/140	–	–	–	3,74/1370	1,54/700	0,71/450	1,07/1250
будяку	0,08/10	–	–	0,28/30	–	–	–	–
щетинника	1,56/3950	–	–	–	14,62/10900	19,89/72200	10,90/51000	11,79/53200
березки польової	2,02/1130	–	–	1,59/180	4,22/1200	7,12/2450	11,02/5100	31,21/27000
Якість насіння	Неконд.	Конд.	Конд.	Конд.	Неконд.	Неконд.	Неконд.	Неконд.

В ці фракції потрапило, відповідно, 50,20% і 34,54% неповноцінного насіння основної культури, а також стеблинок: 9,23% і 39,79%. Маса 1000 насінин зменшилась на 0,95г і 1,44г.

Повноцінне насіння ріпаку у цьому фракцію не потрапило. В цю фракцію виділилось значна кількість насіння бур'янів 43,98% (981450 шт./кг), у тому числі : проса курячого 1,07% (1250 шт./кг), щетинника 11,79% (53200 шт./кг), березки польової 31,21% (27000 шт./кг). Одночасно із насінням бур'янів в цю фракцію потрапила значна кількість стеблинок - 43,21%. Неповноцінне насіння ріпаку склало - 12,72%. За посівними показниками фракція не відповідає вимогам державного стандарту [6,7].

**Висновки.** Результати проведених експериментальних досліджень показали, що на вібраційній насінноочисній машині за один пропуск є можливість доводити насіння ріпаку до високих посівних кондицій (при продуктивності машини 325кг/год.). Вихід кондиційного насіння - 87,84%.

Одночасно з доочищенням насіння ріпаку на вібраційній насінноочисній машині виконується і його сортування, яке полягає в перерозподіленні насіння по фракціях залежно від маси 1000 насінин та інших показників якості. У відхід

разом з насінням бур'янів та стеблинками виділяється біологічно менш повноцінне, травмоване, щупле, недорозвинене насіння основної культури. Таким чином, є можливість значно підвищити такі важливі посівні якості насіння як схожість, енергію проростання, масу 1000 насінин.

Вібросепарація посівного матеріалу на машині з виділенням для посіву повноцінного насіння забезпечує підвищення польової схожості, більш інтенсивний та рівномірний розвиток рослин, що забезпечує підвищення урожаю ріпаку.

### **Список використаних джерел**

1. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини - К.: Урожай, 1994. - 446 с.
2. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські та меліоративні машини - К.: Вища освіта, 2004. - 554 с.
3. Заика П.М., Мазнев Г.Е. Сепарация семян по комплексу физико - механических свойств. - М.: Колос, 1978. - 287с.
4. Заика П.М. Вибрационные семяочистительные машины и устройства - МИИСП, 1981. - 141 с.
5. Заїка П.М Теорія сільськогосподарських машин т.3, розділ 7. Очистка і сортування насіння - Харків: Око, 2006. - 407 с.
6. ДСТУ 2240-93. Насіння сільськогосподарських культур. Технічні умови - К.: Держстандарт України, 1994. - 73 с.
7. Національний стандарт України. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. ДСТУ 4138-2002 - К.: 2003. - 173 с.

### **Аннотація**

#### **ОСОБЕННОСТИ ВИБРОСЕПАРАЦИИ СЕМЯН РАПСА**

Бакум Н.В., Михайлов А.Д., Козий А.Б., Абдуев М.М.

*Приведены результаты экспериментальных исследований доочистки и сортирования семян рапса на вибрационной семяочистительной машине.*

### **Abstract**

#### **FEATURES VIBROSEPARATSII RAPESEED**

N. Bakum, A. Mikhaylov, A. Koziy, M. Abdyev

*The results of experimental studies and post-treatment screening rapeseed Friction on the vibration machine.*

## КОТУШКОВИЙ ВИСІВНИЙ АПАРАТ

**Бакум М.В., к.т.н., проф., Пастухов В.І., д.т.н., проф.,  
Кириченко Р.В., к.т.н. доц., Крохмаль Д.В., асист., Басов О.І., інж.,  
Касаткін А.С., студ.**

*Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка*

*Наведено нова конструкція катушкового висівного апарата з підвищеною рівномірністю висіву насіння за рахунок додаткового висіву насіння активним клапаном.*

**Постановка задачі і аналіз публікацій по темі дослідження.** Підвищення врожайності сільськогосподарських культур в значній мірі обумовлюється ефективністю виконання всього комплексу технологічних операцій. У загальному комплексі технологічних операцій важливе місце займає сівба, адже своєчасність і якість її виконання суттєво впливають як на проростання насіння, так і на величину необхідних подальших витрат праці і коштів на вирощування врожаю.

Головне завдання сівби полягає в оптимальному розміщенні у ґрунті насіння сільськогосподарських культур з метою створення найкращих умов для проростання та розвитку рослин і отримання в кінцевому результаті максимального урожаю високої якості. При цьому до сівби, як до технологічного процесу, визначені три основні вимоги: висів заданої кількості насіння на одиницю площі поля, рівномірне розміщення його по площі поля, загортання на відповідну, обов'язкову однакову, глибину у ґрунт.

Для сівби сільськогосподарських культур розроблена і в теперішній час існує велика кількість висівних апаратів різної конструкції [1]. Головною задачею, при розробці висівних апаратів є підвищення рівномірності висіву насіння і зменшення їхнього пошкодження.

Підвищенню якісних показників роботи висівних апаратів і в цілому сівалок присвячені дослідження багатьох вчених: В.П. Горячкіна, О.М. Карпенка, П.М. Василенка, П.М. Заїки, Л.В. Погорелого, О.М. Семенова, В.П. Чичкіна, Г.М. Бузенкова, С.А. Ма, П.В. Сисоліна та ін. [2, 3, 4, 5, 6].

Для розв'язання цієї задачі використовуються висівні апарати двох типів: механічні і пневмомеханічні. Сучасні висівні апарати, що застосовуються для сівби, можна класифікувати за технологічними особливостями на апарати групового та поштучного висіву.

Для висіву сільськогосподарських культур використовуються сівалки з катушковими висівними апаратами. Стандартна катушка діаметром 50 мм з 12-ма жолобками, що застосовується для сівби зернових культур, не забезпечує висів малих норм насіння 5...10 кг/га.

Катушковий висівний апарат має недолік, закладений у принципі його

роботи – нерівномірність висіву насінневого потоку, особливо при зменшенні довжини робочої частини котушки (висів малих норм) [7].

Низькі якісні показники (коефіцієнт варіації поздовжньої рівномірності – до 120%) при роботі котушкового висівного апарата є результатом сполучення переміщення активного і примусового руху в ньому зернового потоку. Для поліпшення якості роботи котушкового висівного апарата необхідне зведення до мінімуму одного з видів переміщення насінневого потоку. На це вказує у своїх дослідженнях О.М. Семенов [4]. У котушкових висівних апаратах, при висіві дрібнонасіневих культур, для забезпечення необхідної норми висіву потрібно максимально зменшити робочу довжину котушки і зазор між денцем і котушкою. Однак, це зменшення не знімає пульсації потоку насіння на виході і приводить до пошкодження насіння.

Зменшення поздовжньої нерівномірності можливо при змінах конструкцій висівних апаратів. Збільшення числа жолобків котушки до 16 забезпечує кращі показники якості висіву, чим зменшення числа жолобків з одночасним збільшенням їхньої глибини. Скошування жолобків поліпшує кінцевий результат висіву [8].

Для поліпшення рівномірності висіву і зменшення пошкодження насіння К.Г. Іваніца [9] запропонував реберчасту котушку замінити барабаном із дротовими скобами. Для висіву великих насінин установлюють менше виносних елементів, для дрібних насінин – більше.

Для підвищення універсальності апаратів закордонні фірми комплектують сівалки набором котушок (Amazone, Clark, Fiona, Nassia та ін.), комбінованими котушками (Isaria, Reform Werke, Sulki та ін.) або вставками з полімерних матеріалів для зміни висівного об'єму (Agrofinal, Gaspardo, Kuhn/Rauch, Kverneland Accord та ін.).

Внутрішньоребристі висівні апарати формують потік посівного матеріалу за рахунок вільного винесення його котушкою до висівних отворів (вікон), виконаних в нерухомій частині корпусу апарата. Вони забезпечують більш рівномірне висівання, ніж котушкові, але вимагають застосування складного механізму приводу, тому що в них норма висіву може регулюватися тільки зміною частоти обертання висівної котушки. Одним із недоліків цих апаратів є неповне спорожнення апаратів від насіння після закінчення сівби. Конструкцію внутрішньоребристого висівного апарата вільного від вказаних недоліків було розроблено в Кіровоградському національному технічному університеті [10], в якому групове безступінчасте регулювання норми висіву здійснюється зміною розмірів висівного вікна по висоті. Коефіцієнт варіації повздовжньої рівномірності розподілу насіння у внутрішньоребристого апарата, у порівнянні з котушковим, знижується на 15...20% [11].

Система пневмомеханічного потокового висіву насіння з централізованим дозуванням та одноступеневим розподілом його по сошниках реалізована в конструкції сівалки «Accord» (Німеччина).

В централізованій висівній системі сівалки «Accord» дозатором є котушка з механізмом зміни норми висіву від 2 до 350 кг/га. Завдяки простоті конструкції, малій трудомісткості налагоджування на задані умови роботи, надійності в

роботі висівні системи з централізованим дозуванням посівного матеріалу і послідовним ступеневим його розподілом та пневматичним транспортуванням до сошників є перспективними для широкозахватних посівних агрегатів. Недоліком є нерівномірність розподілення насіння по сошниках [12].

У систем із індивідуальним дозуванням насіння, яка застосовується на сівалках СПР-6 (СРСР), СУП-48 (Румунія), «Tive» (Швеція), «Suiky» (Франція), відмінною особливістю є те, що для подачі насіння до сошника використовується окремий дозатор, а транспортування здійснюється повітряним потоком. Перевагою такої системи є більш висока рівномірність розподілення насіння по сошниках, а недоліком – збільшення металоємності та складність конструкції [13].

Сівалки з системою групового дозування насіння С-6 (Білорусь), «Solitair» фірми «Lemken» (Німеччина), «Maxim» фірми «Morris» (Канада) складаються з декількох самостійних висівних секцій. Всі секції за допомогою дозаторів з'єднанні з бункером, при цьому кожна з них розрахована на висів насіння заданої кількості сошників. За рахунок зменшення кількості матеріалу, який подається катушкою дозатора, збільшується точність дозування. Основним недоліком є висока енергоємність і залежність рівномірності висіву від параметрів повітряного потоку в системі [10].

**Мета роботи.** Метою даної роботи є розробка катушкового висівного з підвищеною рівномірністю висіву насіння за рахунок додаткового висіву насіння активним клапаном.

**Результати роботи.** Підвищення рівномірності висіву досягається за рахунок того, що у відомому катушковому висівному апараті що включає корпус в якому розміщена на приводному валу висівна катушка з жолобками, а під нею встановлений клапан, який виконаний у вигляді зубчастого пасу на зовнішній стороні якого виконані жолобки аналогічні за формою і розмірами жолобкам висівної катушки. Причому пас встановлений на валах у корпусі так, що його жолобки зміщені відносно жолобків катушки на половину кроку, а приводний вал кінематично з'єднаний з приводним валом катушки і забезпечує поступальну швидкість руху жолобків рівну коловій швидкості руху жолобків катушки [14].

Катушковий висівний апарат (рис. 1) має корпус, який складається із боковин 1, передньої 2 і задньої 3 стінок. В корпусі на приводному валу 4 розміщена висівна катушка 5 з жолобками 6 і виступами 7, виконаними з кроком  $t_1$ .

Під катушкою 5 встановлений клапан 8, виконаний у вигляді зубчастого пасу на зовнішній стороні якого виконані жолобки 9 і виступи 10 аналогічні за формою і розмірами тим що виконані на катушці 5 та розміщені з тим же кроком  $t_1$ .

Клапан 8 встановлений на валах 11 і 12, які закріплені в боковинах 1, і кінематично з'єднаний (наприклад, передачею 13) з приводним валом 4 катушки 5 так, що забезпечує поступальну швидкість руху жолобків  $V_n$  рівну коловій швидкості руху жолобків катушки  $V_k$ . При цьому, клапан 8 встановлений на валах 11 і 12 таким чином, що його жолобки 9 зміщені відносно жолобків 6

котушки 5 на половину кроку  $t_1$  і під час роботи виступи одного елемента (котушки 5, або клапана 8) попадають по середині впадин другого.

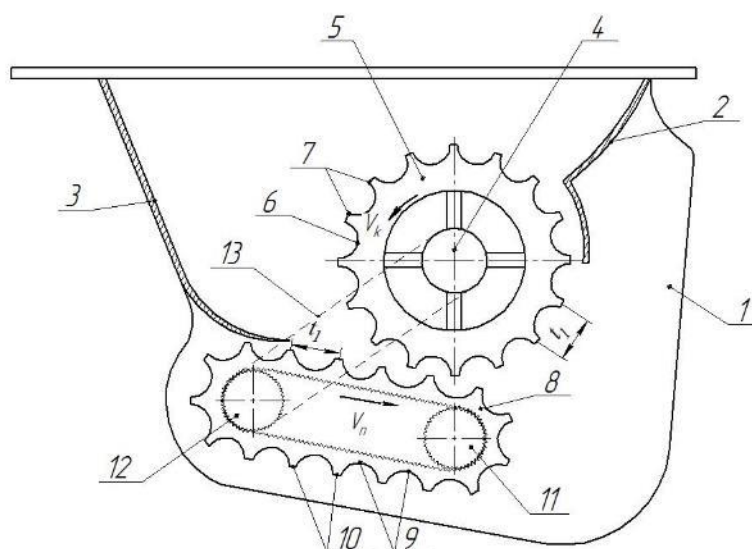


Рис. 1 – Конструктивна схема розробленого котушкового висівного апарата

1 – боковини; 2, 3 – передня і задня стінки; 4 – приводний вал; 5 – висівна котушка; 6, 9 – жолобки; 7, 10 – виступи; 8 – клапан; 11, 12 – вали; 13 – передача.

Запропонована конструкція котушкового висівного апарата працює наступним чином. Під час роботи обертається приводний вал 4 і повертає котушку 5, а через передачу 13 і вали 12 та 11 і клапан 8. Насіння, що знаходиться в корпусі висівного апарата забирається жолобками 6 котушки 5 і жолобками 9 клапана 8 і транспортуються за напрямком висіву (їх переміщення). Відстань на початку захвату насіння між котушкою 5 і клапаном 8 велика, що забезпечує об'єм насіння необхідний для заповнення жолобків 6 і 9. На виході з висівного апарату виступи 7 котушки 5 і виступи 10 клапана 8 ущільнюють насіння, що транспортується жолобками 6 і 9, забезпечуючи неперервний рух, практично однакової товщини шару (однакової кількості) насіння.

Таким чином досягається підвищення рівномірності висіву насіння запропонованою конструкцією котушкового висівного апарата.

**Висновки.** 1. Жолобчасті поверхні котушки і активного клапана забезпечують неперервний рух, практично однакової товщини шару насіння, що підвищує рівномірність групового висіву насіння.

2. Запропонована конструкція може використовуватись на сучасних зернових сівалках, при заміні пасивного клапана на запропоновану конструкцію.

### Список використаних джерел

1. Сільськогосподарські машини. Частина 3. Посівні машини [Текст] / Бакум М.В., Бобрусь І.С., Морозов І.В., Нікітін С.П. та ін. за ред. М.В. Бакума. – Харків, 2005. – 332 с.
2. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин [Текст]. Т. 1, Ч. 2.

- Машины для сівби та садіння / П.М. Заїка – Харків: Око, 2002. – 452 с.
3. Бузенков Г.М. Машины для посева сельскохозяйственных культур [Текст] / Г.М. Бузенков, С.А. Ма – М.: Машиностроение, 1976. – 272 с.
  4. Семенов А.Н. Зерновые сеялки [Текст] / А.Н. Семенов. – К., Машгиз., 1959. – 318 с.
  5. Сисолін П.В. Теорія, проектування та розрахунки посівних машин [Текст]: навч. посібник / П.В. Сисолін. – К.:ІСДО, 1994. – 148 с.
  6. Чичкин В.П. Овощные сеялки и комбинированные агрегаты [Текст]: теория, конструкция и расчёт / В.П. Чичкин. – Кишинев: Штиница, 1984. – 392 с.
  7. Сысолин П.В. Исследование высевающего аппарата сеялки СЗ-3,6 [Текст] / П.В. Сысолин, А.В. Ликкей, К.Г. Иваница, А.Ф. Шило // Конструирование и технология производства сельскохозяйственных машин. – К.: Техника, 1973. – Вып. 3. – С. 47-51.
  8. Ликкей А.В. Исследование технологического процесса высева семян катушечными аппаратами [Текст]: автореф. дис. на соискание учёной степени канд. техн. наук: спец. 05.20.01 «Механизация сельскохозяйственного производства» / А.В. Ликкей. – Харьков, 1973. – 25 с.
  9. Иваница К.Г. Исследование технологии высева зерна и изыскание рациональных параметров высевающего аппарата [Текст]: автореф. дис. на соискание учёной степени канд. техн. наук: спец. 05.20.01 «Механизация сельскохозяйственного производства» / К.Г. Иваница. – Харьков, 1972. – 26 с.
  10. Сисолін П.В. Звичайні підходи по створенню універсальних вітчизняних сівалок для сівби зернових культур [Текст] / П.В. Сисолін. – Кіровоград: «КОД», 2008. – 84 с.
  11. Катеринич С.Є. Визначення технологічних та конструктивних особливостей внутрішньорєбристих висівних апаратів [Текст] / С.Є. Катеринич, В.В. Аулін // Технічний сервіс АПК, техніка та технології у сільськогосподарському машинобудуванні: Вісник ХДТУСГ. – Харків: ХДТУСГ, 2004. – Вип. 24. – С. 68–73.
  12. Астахов В.С. Совершенствование пневматических высевающих систем сеялок [Текст] / В.С. Астахов. – Горки: БГСХА, 2007. – 148 с.
  13. Точицкий А.А. Выбор и обоснование системы высева универсальной модульной сеялки [Текст] / А.А. Точицкий, А.Л. Медведев, В.Н. Перевозников, Н.Д. Лепёшкин // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межведомственный тематический сборник БелНИИМСХ. – Мн.: 1996. – Вып. 35. – С. 94-103.
  14. Пат. 113329 Україна, МПК6 А01С 7/04. Котушковий висівний апарат [Текст] / М.В Бакум, В.І. Пастухов, Р.В. Кириченко, Д.В. Крохмаль, М.М. Майборода, О.І. Басов - № u201607329 заявл. 06.07.2016, опубл. 25.01.2017, Бюл. № 2.



## **Аннотация**

### **КАТУШЕЧНЫЙ ВЫСЕВАЮЩИЙ АППАРАТ**

Бакум М.В., Пастухов В.И., Кириченко Р.В., Крохмаль Д.В.,  
Басов А.И., Касаткин А.С.

*Приведена новая конструкция катушечного высевающего аппарата с повышенной равномерностью посева семян за счёт дополнительного высева семян активным клапаном.*

## **Abstract**

### **COIL SOWING MACHINE**

N. Bakum, V. Pastukhov, R. Kyrychenko, D. Krokmal, A. Basov, A. Kasatkin

*Given the new design of the coil sowing apparatus with improved uniformity of seeding due to additional seeding of the active valve.*

## ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ МАШИН ДЛЯ ЗАГОТІВЛІ ТРАВ НА СІНО

Бакум М.В., к.т.н., проф., Михайлов А.Д., к.т.н., доц. Козій О.Б., к.т.н., доц.,  
Кириченко Р.В., к.т.н., доц.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка*

*Наведено результати досліджень обгрунтованого вибору сінозбиральних машин для раціонального їх використання при збиранні трав на сіно високої якості та з мінімальними втратами.*

**Постановка проблеми.** Вітчизняні машинобудівники та постачальники зарубіжної техніки наповнили український ринок сінозбиральною технікою спроможною в різних виробничих умовах якісно і без втрат збирати трави на сіно.

У зв'язку з цим, в залежності від матеріально-технічного забезпечення господарства, умов збирання трав, виду поголів'я тварин, врожайності та об'ємів треба правильно обрати раціональну для конкретного господарства технологію та технічні засоби заготівлі кормів: розсипного сіна, пресованого сіна, сінажу, силосу та інші.

Це має важливе значення і є актуальною задачею для отримання сіна з високими посівними якістьми і з мінімальними його втратами.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Якість сіна, повнота збирання урожаю та тривалість збирання багато в чому залежать від набору машин та якості підготовки їх до роботи.

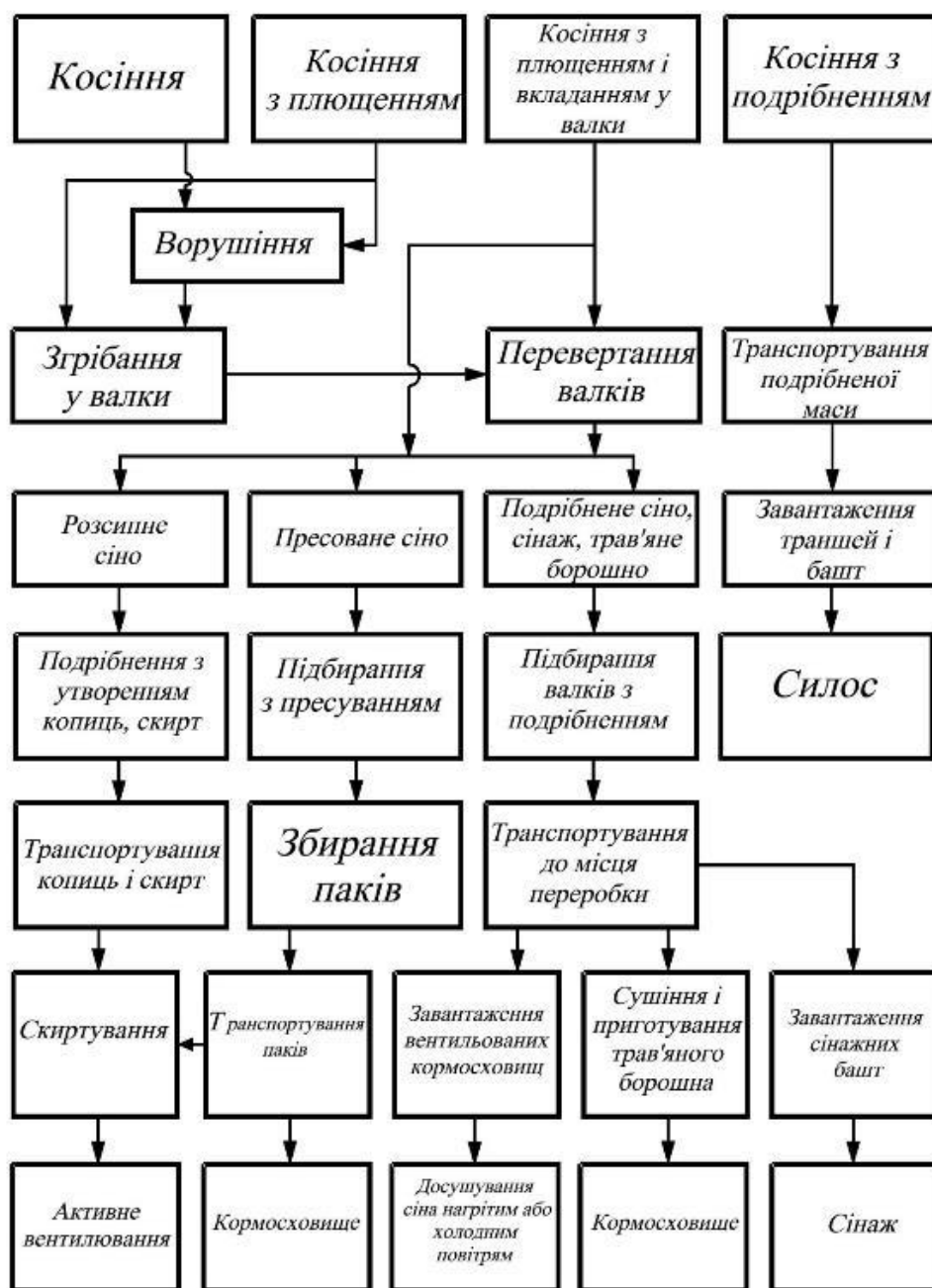
Для збирання трав на сіно у теперішній час застосовують наступні технології: заготівля розсипного сіна, пресованого сіна, збирання трав і силосних культур з подрібненням [1-4].

Заготівля розсипного сіна передбачає виконання наступних операцій: скошування трав, сушіння в покосах, ворущіння, згрібання сіна у валки, перевертання валків, їх підбирання з утворенням копиць та стогів, транспортування до місць скиртування, укладання сіна у скирти.

Комплекс машин за цією технологією використовують таких: косарки (КС-2,1; КРН-2,1), косарки-плющилки (КПС-5Г; КПРН-3), граблі (ГВК-6,0; ГВР-6), волокуші (ВНШ-3, ВУ-400), підбирачі-копнувачі (ПК-1,6), підбирчі-стогоутворювачі (СПТ-60), причіпи-стоговізи (СП-60), навантажувачі-скирто-укладачі (ПФ-0,5), установки для активного вентилявання (УВС-10М; УДС-300).

Недолік цієї технології полягає в багатьох проміжних операціях від копнування до доставки сіна до ферм. Крім того, ця технологія неекономічна, оскільки не дає змоги одержати сіно високої якості та потребує витрат ручної праці при його скиртуванні.

ТЕХНОЛОГІЇ ЗАГОТІВЛІ КОРМІВ



Найбільш прогресивною технологією є заготівля пресованого сіна. Ця технологія заготівлі сіна передбачає використання наступних технічних засобів: косарок (КС-2,1; КРН-2,1), косарок-плющилок (КПС-5Г; КПРН-3), грабель (ГВК-6,0; ГВР-6), прес-підбирачів (ППЛ-Ф-1,6; ПРП-1,6), машин для збирання паків (ГУТ-2,5; ПТН-4; МТ-1), транспортувальників штабелів паків (ТШН-2,5; ППУ-0,5), пакувальників рулонів та паків у плівку (спеціальні машини-пакувальники).

Технологія заготівлі подрібненого сіна передбачає виконання таких операцій: косіння з плющенням (КПС-5Г; КПРН-3), ворушіння, згрібання і обертання валків (ГВК-6,0; ГВР-6), підбирання валків з одночасним подрібненням рослин на частки довжиною 3-5 см (КСК-100; КПИ-2,4),

транспортування подрібненої маси, вивантаження її в сіносковище, досушування підігрітим або атмосферним повітрям.

Технологія заготівлі сінажу подібна до технології заготівлі подрібненого сіна. Траву скошують, підбирають при вологості 50-55%, подрібнюють на частки розміром 2-3 см. Від подрібнювачів масу відвозять у сінажні башти або траншеї, утрамбовують і після заповнення герметизують.

Технологія заготівлі силосу полягає у виконанні наступних операцій: скошування з подрібненням рослин (КСК-100; КПИ-2,4), транспортування, вивантаження у силосні траншеї, трамбування маси, покриття траншей соломкою і шаром ґрунту.

Для одержання високоякісних кормів з мінімальними втратами трави необхідно правильно обрати технологію і комплекси машин, налагоджувати машини на оптимальні режими, збирання проводити в оптимальні агротехнічні і стислі строки.

**Мета досліджень.** Визначити та обґрунтувати набір сінозбиральних машин для раціонального їх використання при збиранні трав на сіно високої якості та з мінімальними втратами.

**Результати досліджень.** Для скошування трав використовуються сінокосарки двох типів: підпільного різання (сегментно-пальцьові і безпальцьові) (рис. 1) та безпідпільного різання (ротаційні) (рис. 2).

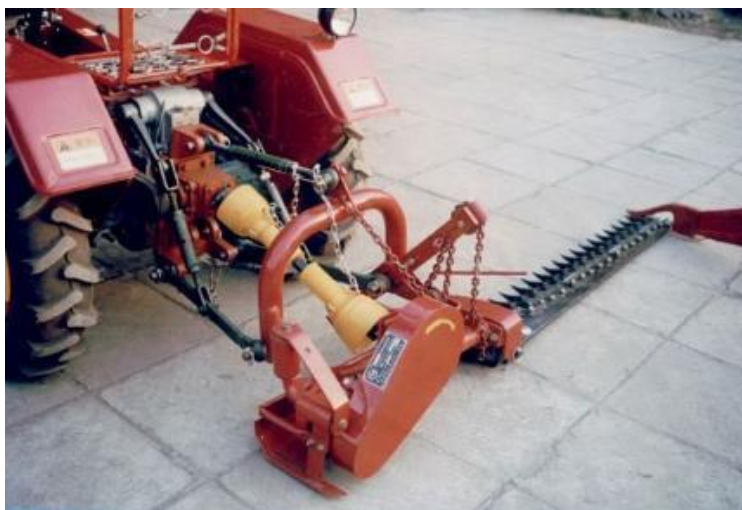


Рис. 1 – Косарка одноярусна з сегментно - пальцьовим різальним апаратом



Рис. 2 – Роторні косарки з нижнім приводом різальних апаратів

За якістю зрізання сіяних трав, експлуатаційною надійністю та енергоємністю найкращий різальний апарат підпірного різання для косарок - апарат нормального різання з одинарним пробігом ножа (рис. 3, а). Більшу повноту збирання забезпечують сегментно - пальцьові апарати низького різання з меншим кроком установки пальців (рис. 3, б).

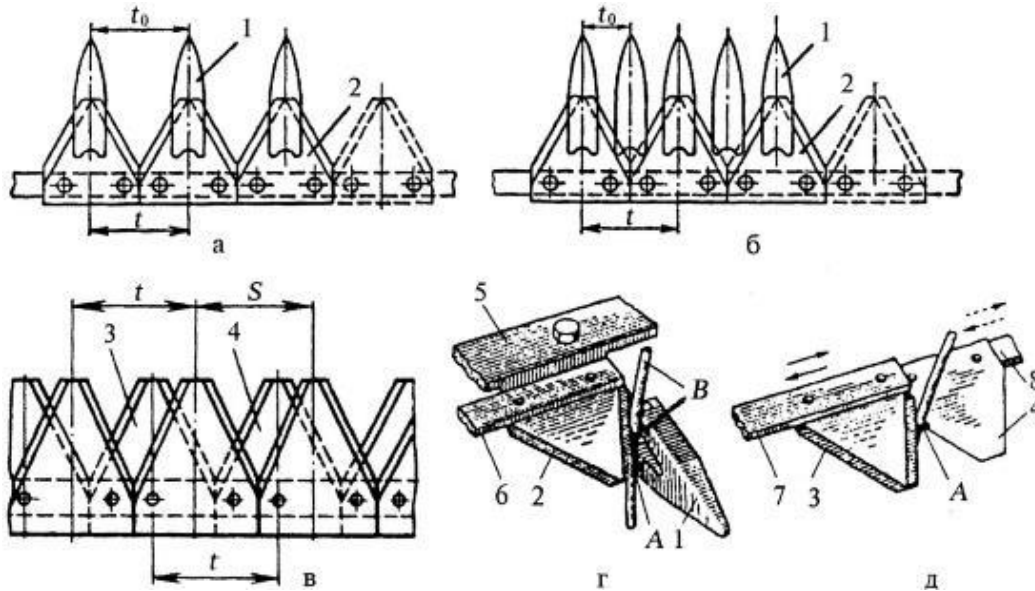


Рис. 3 – Різальні апарати підпірного різання

а - сегментно - пальцьовий нормального різання; б - сегментно - пальцьовий низького різання; в - безпальцьовий з двома ножами; г і д - схеми технологічного процесу різальних апаратів; 1 - палець; 2,3,4 - сегменти; 6,7,8 - спинки ножа; 5 - пальцьовий брус

Для збирання полеглих та заплутаних (бобових) рослин доцільніше використовувати безпальцьові одно - або двоножеві різальні апарати підпірного різання (рис.3,в). Вони забезпечують більш якісне зрізання, але їх недоцільно використовувати для скошування природних трав на нерівних ділянках та полях засмічених камінням.

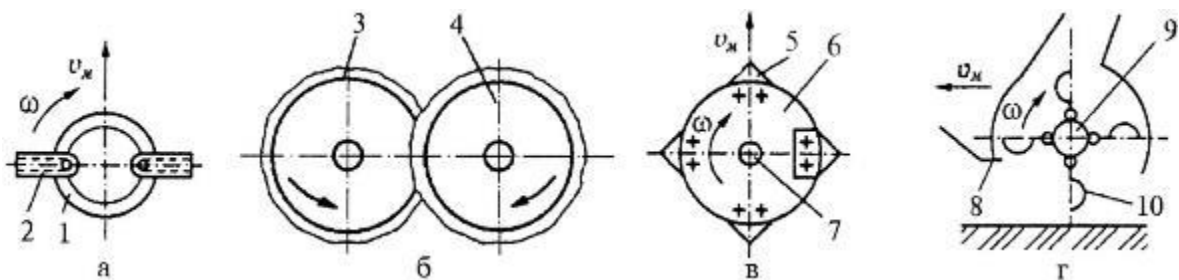


Рис. 4 – Різальні апарати безпідпірного різання

а - ротаційно - дисковий; б - дводисковий ротаційний; в - сегментно - дисковий; г - ротаційно-барабанний; 1, 3, 4, 6 -диски; 2 і 10 - ніж; 5 - сегмент; 7 - вал диска; 9 - вал барабана; 8 - протиризальний ніж

Більш універсальними до умов роботи є апарати безпідпірного різання (рис. 4). Ножі ротаційних апаратів здійснюють обертальний рух з лінійною

швидкістю 30 – 60 м/с (чим більша швидкість, тим якісніше зрізання стебел). Але вони травмонебезпечні, тому обов'язково мають працювати з захисними фартухами.

Найбільшого застосування в ротаційних косарках набули ротаційно-дискові різальні апарати. Шарнірне кріплення ножів на дисках забезпечує їх високу надійність (рис. 4, а) та універсальність. Основним недоліком таких апаратів є часткове подрібнення стебел під час зрізання, особливо з плоскими ножами, менше подрібнення у арочних ножів.

Дводискові ротаційні і сегментно - дискові (рис. 4, б, в) апарати застосовувати доцільно для зрізання товстостебельних культур (соняшник, кукурудза). Вони зрізають стебла без подальшого їх подрібнення. Але сегментно - дискові апарати недоцільно використовувати для низького зрізу.

Ротаційно - барабанні різальні апарати (рис. 4, г) застосовують на машинах для скошування трав і силосних культур з одночасним подрібненням. Для кращого подрібнення рослинної маси додатково встановлюється протирізальний ніж 8 (рис. 4, г).

Ротаційні косарки випускаються за конструктивним виконанням двох видів: з нижнім приводом різальних апаратів (рис. 2) і верхнім (рис. 5).

Косарки з верхнім приводом спроможні забезпечувати більш низький зріз трав, крім того на валах роторів закріплені крилачі, які більш активно скидають зрізану масу з дисків різальних апаратів, що зменшує додаткове її подрібнення, а значить і втрати урожаю.

Для скошування товстостебельних трав, в першу чергу бобових, конюшини, люцерни та ін., доцільно використовувати косарки - плющілки, які додатково плющильними вальцями або роторами роздавлюють і надламують стебла. Це пришвидшує час висихання сіна і зменшує втрати поживних речовин (рис. 6).



Рис. 5 – Роторні косарки з верхнім приводом різальних апаратів





Рис. 6 – Косарки - плющилки

Для згрібання свіжоскошеної чи прив'ялої трави, або сіна із покосів у валки використовуються граблі.

Залежно від конструкції робочих органів граблі бувають зубові поперечні, колісно - пальцьові і роторні.

Найбільш прості і надійні зубові поперечні граблі, які згрібають траву чи сіно у валки, розміщені впоперек до напрямку руху агрегату, що дещо ускладнює управління агрегатом. Зубові граблі якісно згрібають масу на рівних ділянках без значних заглибин (рис. 7).



Рис. 7 – Зубові поперечні граблі

Найбільш якісно згрібають сіно із покосів у валки, перевертають валки та ворують прив'ялені трави у покосах, навіть на не зовсім рівних поверхнях луків та схилів, колісно - пальцьові граблі. Пальцьові колеса обертаються завдяки зчепленню зі стернею, а колінчасті осі на яких вони кріпляться до рами забезпечують копіювання нерівностей поля (рис. 8).



Рис. 8 – Колісно - пальцьові граблі

На рівних ділянках найбільш ефективно для згрібання прив'ялених або свіжоскошених сіяних трав, а також високоврожайних трав природних сінокосів з покосу у валки, ворущіння трав у покосах, перевертання і розкидання валків використовувати роторні граблі (рис. 9).



Рис. 9 – Роторні граблі

При заготівлі розсипного сіна його із валків збирають у копиці підбирачем-копицеутворювачем або скиртоутворювачем, а потім транспортують до сіносховищ. При відсутності сіносховищ сіно складається у скирти за допомогою фронтальних навантажувачів та універсального скиртоутворювача, які зверху накриваються плівками.

Більш прогресивна технологія - заготівля пресованого сіна, яка дозволяє збирати більш вологе сіно, вологістю до 25% з наступним досушуванням у паках, що зменшує втрати смакових і поживних властивостей сіна.

За конструктивним виконанням прес - підбирачі випускаються для пресування сіна у паки прямокутної або циліндричної форми у вигляді рулонів. Середня щільність сіна у паках складає 50 – 400 кг/м<sup>3</sup>.

Причому більша ступінь пресування сіна у прес - підбирачах з прямокутною камерою пресування та пресувальним поршнем (рис. 10).

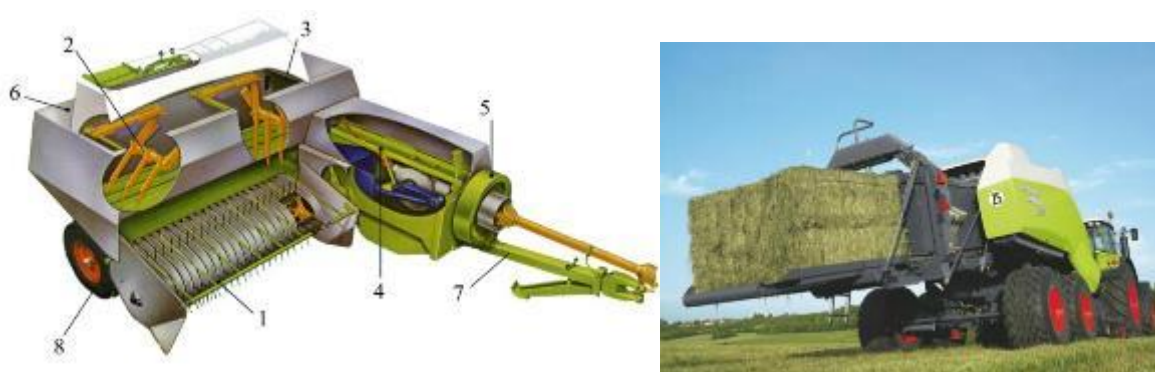


Рис. 10 – Прес - підбирачі для формування паків прямокутної форми

1 - підбирач барабанний; 2 - пакувальники зубові; 3 - камера пресування; 4 - поршень; 5 - привід (карданний вал з маховим колесом); 6 - запас в'язального шпагату; 7 - причіп; 8 - ходова частина





Рис. 11 – Прес - підбирачі для формування паків циліндричної форми з подрібнювачем

1 - підбирач; 2 - камера пресування з металевими валиками; 3 - подрібнювач (Рото - Кат); 4 - запас в'язального шпагату і сітки; 5 - карданний привід робочих органів; 6 - ходова частина; 7 - причіп

Особливістю формування паків циліндричної форми сіна полягає в тому, що щільність у нього змінна, причому менша в середній частині і більша на зовні. Це дозволяє збирати сіно підвищеної вологості з досушуванням його у паках циліндричної форми (рис. 11).

Паки сіна завозяться до сіносковищ, або складаються у штабелі біля ферм. При зберіганні у штабелях найефективніше паки зберігаються загорнені у целофанову плівку. Упаковувати паки як прямокутної, так і циліндричної форми можна безпосередньо на полі, або біля ферм (рис. 12).



Рис. 12 – Обмотування паків прямокутної та циліндричної форми плівкою

Транспортування паків наведено на рисунку 13.



Рис. 13 – Транспортування паків

**Висновки.** Для одержання високоякісних кормів з мінімальними втратами трави необхідно обґрунтовано обрати технологію і комплекси машин.

Правильне налагоджування машин на оптимальні режими роботи також суттєво впливає на втрати і отримання трав високої якості.

Збирання трав необхідно проводити в оптимальні агротехнічні і стислі строки, застосовувати прогресивні сучасні технології збирання.

### **Список використаних джерел**

1. Особов В.И., Васильев Г.К. Сеноуборочные машины и комплексы. - М.: Машиностроение. 1983. - 304 с.
2. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини. - К.: Урожай. 1994. - 448 с.
3. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські та меліоративні машини. - К.: Вища освіта. 2004. - 554 с.
4. Войтюк Д.Г., Аніскевич Л.В., Іщенко В.В. та ін. Сільськогосподарські машини. - К.: Агроосвіта. 2015. - 679 с.

### **Аннотація**

#### **ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА МАШИН ДЛЯ ЗАГОТОВКИ ТРАВ НА СЕНО**

Бакум Н.В., Михайлов А.Д., Козий А.Б., Кириченко Р.В.

*Приведены результаты исследований обоснованного выбора сеноуборочных машин для рационального их использования при уборке трав на сено высокого качества и с минимальными потерями.*

### **Abstract**

#### **RATIONALE FOR SELECTION OF MACHINES FOR HARVESTING GRASSES FOR HAY**

N. Bakum, A. Mikhaylov, A. Koziy, R. Kyrychenko.

*The results of studies of the justified choice of hay harvesting machines for their rational use in the harvesting of herbs on hay of high quality and with minimal losses are presented.*

## ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ ВИСОКОЇ НАПРУГИ В ХІМІЧНОМУ ЗАХИСТІ РОСЛИН

Сташків М.Я., к.т.н., доц., Рибак Т.І., д.т.н., проф. Бортник І.М., асист.

*Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя*

*Розглянуто вплив електричного поля високої напруги на процес нанесення засобів хімічного захисту рослин. Отримано рівняння для наближеного розрахунку значення напруги. Проведено аналіз залежності напруги від витрат робочої рідини та її концентрації у факелі розпилю.*

**Постановка проблеми.** Проблема захисту рослин від хвороб та шкідників завжди потребувала застосування найсучасніших наукових і практичних досягнень в цій області. Одним з найбільш ефективних методів захисту рослин є хімічний метод, що базується на застосуванні спеціальних хімічних речовин - пестицидів. Найбільш поширеним способом використання хімічних препаратів у рослинництві є обприскування.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У практиці хімічного захисту рослин як робочу рідину використовують розчини, суспензії та емульсії хімічних засобів із водою у якості носія. Технології та засоби їх внесення постійно вдосконалюються з метою підвищення якості та ефективності виконання технологічних процесів хімічного захисту рослин [1].

При розпилюванні хімічних засобів захисту рослин утворюється аерозоль з розмірами крапель від десятків до сотень мікрометрів. Для якісної обробки необхідно повне осадження крапель на листках і стеблах рослин. При цьому економічність обприскування, рівномірність і густина покриття крони рослин засобами захисту залежать від розмірів крапель аерозолю [2].

Однією з основних проблем хімічного захисту рослин шляхом обприскування є високі втрати робочої рідини. Причина втрат - знесення крапель рідини вітром за межі робочої зони обприскування, випаровування рідини, нерівномірний розподіл робочої рідини на оброблюваній поверхні, погане утримання крапель на оброблених поверхнях. Втрати знижують економічну і біологічну ефективність обприскування і, при цьому, несуть екологічну загрозу. Часто на оброблюваний об'єкт потрапляє лише 20 – 70 % хімічних препаратів. До 40 % цієї кількості робочої рідини розподіляється на оброблюваній поверхні вкрай нерівномірно.

Для скорочення втрат необхідні нові конструктивні розробки, а також наукові ідеї, які повинні реалізуватися в створенні перспективних обприскувачів, що відносяться до інноваційного покоління сільськогосподарської техніки. До таких машин можна віднести обприскувачі, які оснащені пристроями для отримання дуже малих (нанорозмірів) заряджених крапель рідини.

Найбільш перспективним на даний час є розвиток способів внесення хімічних препаратів для захисту рослин із наданням краплинам робочої рідини

електричного (електростатичного) заряду .

**Мета досліджень.** Метою даної роботи є отримання аналітичних залежностей для попередньої оцінки величини напруги електричного поля для надання заряду частинкам робочої рідини у факелі розпилу при хімічному захисті рослин.

**Результати досліджень.** Питанню застосування електричного поля високої напруги у сільському господарстві присвячено досить багато робіт, але більшість із них стосується дослідження лише стаціонарних процесів та обладнання. Роботи ж, які стосуються застосування електричного поля високої напруги в хімічному захисті рослин з використанням мобільних сільськогосподарських машин практично відсутні і мають, переважно, експериментальний характер [3, 4].

Відомо, що електростатичне поле має силову дію на заряджені частинки рідини. Під дією сил, зумовлених перерозподілом електричних зарядів, краплина рідини розтягується і розпадається на дрібніші частини. Гідравлічна нестійкість струменя рідини спостерігається, коли сили електричного поля перевищують сили поверхневого натягу робочої рідини. Електростатичне подрібнення струменя призводить до електризації крапель робочої рідини, в результаті чого аерозоль набуває нових властивостей, що дозволяє використовувати його більш ефективно.

Умова рівноваги сил, що діють на заряджену сферичну краплину радіусом  $r$ , що знаходиться в газовому середовищі, має вигляд [5]:

$$\frac{2\alpha}{r} - p - \frac{U^2}{8\pi \cdot r^2} \cdot \varepsilon_0 = 0, \quad (1)$$

де:  $\alpha$  – коефіцієнт поверхневого натягу, Н/м;

$p$  – капілярний тиск, Па;

$U$  – напруга, В;

$\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  Кл<sup>2</sup>/Н·м<sup>2</sup> – електрична стала.

Коли електростатична сила, що діє на поверхні рідини, досягає критичної величини, яка залежить від поверхневого натягу рідини та радіуса кривизни краплини, поверхня стає нестійкою, її деформація швидко збільшується і вона розпадається на дрібні краплини. Величину заряду  $q$  [Кл], при якому спостерігається гідродинамічна нестабільність краплини з поверхневою щільністю заряду  $\sigma = \varepsilon_0 \cdot \alpha$ , визначено у [6]

$$q = \sqrt{16\pi \cdot \sigma \cdot r^3}, \quad (2)$$

З рівняння (2) випливає, що із збільшенням радіусу  $r$  краплини та поверхневого натягу рідини  $\sigma$  граничний заряд краплини зростатиме.

В об'ємі уніполярно зарядженого аерозолі сили кулонівської взаємодії заряджених частин зумовлюватимуть процес електростатичного розсіювання зарядженого аерозолі, зміна концентрації  $n$  [1/м<sup>3</sup>] якого з часом  $t$  описується

рівнянням [7]:

$$\frac{dn}{dt} = -\frac{n^2 q^2}{\varepsilon_0 6\pi\eta \Pi r} \quad (3)$$

де:  $\eta$  - динамічна в'язкість повітря, Н с/м<sup>2</sup>.

З рівняння (3) випливає, що електростатичне розсіювання є внутрішньою властивістю аерозолі та залежить від розміру, заряду та концентрації частинок аерозолі.

Залежності (1), (2), (3) дозволяють отримати значення напруги, необхідної для забезпечення стійкого протікання процесу надання електричного заряду краплям робочої рідини при хімічному захисті рослин з використанням обприскувачів.

Для цього запишемо рівняння (3) у такому вигляді

$$\frac{1}{n^2} dn = -\frac{q^2}{\varepsilon_0 6\pi\eta \Pi r} dt. \quad (4)$$

Вважаючи, що за час  $t$  перенесення зарядженої краплі від сопла форсунки до поверхні рослини втрачає заряд  $q$  та зміни розміру  $r$  частинки не відбувається, після інтегрування лівої та правої частин рівняння (4), отримаємо

$$-\frac{1}{n} = -\frac{q^2 t}{\varepsilon_0 6\pi\eta \Pi r}, \quad (5)$$

або, після перетворення

$$n = \frac{\varepsilon_0 6\pi\eta \Pi r}{q^2 t}. \quad (6)$$

Підставивши рівняння (2) у рівняння (6) розв'язуємо його відносно радіуса краплі  $r$

$$r = \frac{\sqrt{\frac{3\eta}{2\pi}}}{4\sqrt{nt\alpha}}. \quad (7)$$

Підставивши рівняння (7) у рівняння (1), розв'язуємо його відносно різниці потенціалу між електродами  $U$

$$U = \frac{\left(\frac{3\pi}{2}\right)^{\frac{1}{4}} \sqrt{\frac{16\sqrt{nt} \cdot \alpha^{\frac{3}{2}} \cdot \sqrt{\eta} - p \sqrt{\frac{6}{\pi}} \eta}{nt\alpha}}}{2\sqrt{\varepsilon_0}}. \quad (8)$$

Оскільки концентрація частинок рідини у факелі розпилу залежить,

зокрема, від витрат робочої рідини  $Q$  [м<sup>3</sup>/хв або л/хв], то запишемо

$$n \cdot t = \frac{1}{Q} K_K, \quad (9)$$

де:  $K_K$  – коефіцієнт концентрації краплин робочої рідини у факелі розпилу.

Підставляючи залежність (9) у рівняння (8), отримаємо

$$U = \left(\frac{3\pi}{2}\right)^{\frac{1}{4}} \sqrt{\frac{16 \cdot \alpha^{\frac{3}{2}} \cdot \sqrt{\left(\frac{K_K}{Q}\right)} \cdot \eta - p \cdot \eta \cdot \sqrt{\frac{6}{\pi}}}{\left(\frac{K_K}{Q}\right) \cdot \alpha \cdot 2 \cdot \sqrt{\varepsilon_0}}}. \quad (10)$$

Для аналізу залежності величини напруги від витрат робочої рідини та її концентрації у факелі розпилу графічно зобразимо рівняння (10) для чистої води з наступними значеннями параметрів: коефіцієнт поверхневого натягу води  $\alpha = 73 \cdot 10^{-3}$  Н/м; динамічна в'язкість повітря  $\eta = 18.6 \cdot 10^{-6}$  Па·с; капілярний тиск  $p = 2\alpha/r = 5.84 \cdot 10^3$  Па; середній діаметр частинки розпилу  $d = 50$  мкм [2].

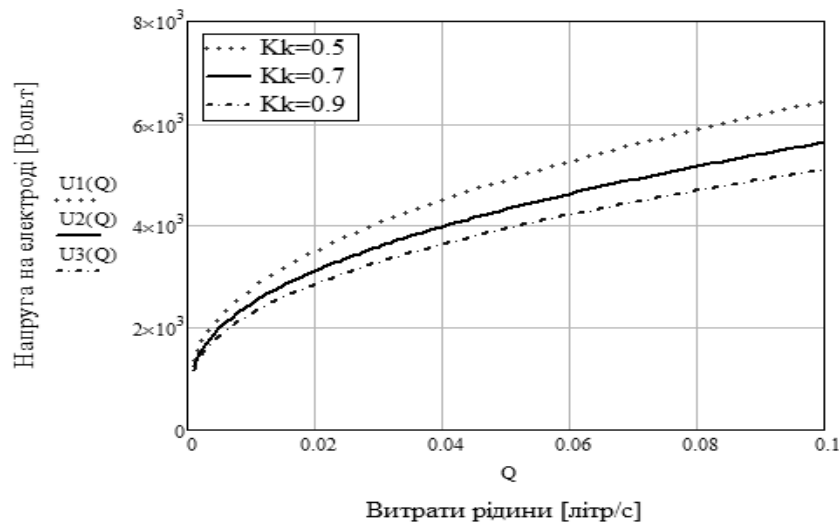


Рис. 1 – Залежність напруги від витрати рідини та концентрації

Із рис. 1 бачимо, що необхідне значення робочої напруги на електродах для надання електростатичного заряду частинкам робочої рідини зростає із збільшенням витрат рідини та зменшенням її концентрації у факелі розпилу.

Очевидно, що отримане рівняння (10) даватиме занижені значення напруги, оскільки при його виведенні не враховувалися зміна концентрації робочої рідини по довжині факелу розпилу; процеси коагуляції, дифузії та випаровування часток робочої рідини та вплив сили гравітації та інерційних сил; розсіювання заряду при взаємодії заряджених краплин робочої рідини із повітрям (оскільки рівняння (2) отримано для частинок, що знаходяться у вакуумі). Вплив цих параметрів потребує додаткових досліджень.

Подальших досліджень потребує також питання впливу дисперсності розпилу на процес електризації робочої рідини, оскільки цей параметр буде впливати на інтенсивність взаємодії краплин робочої рідини між собою та навколишнім середовищем і, відповідно, на перерозподіл заряду частинок.

### Список використаних джерел

1. М. Сташків. Шляхи підвищення ефективності штангових обприскувачів // Зб. тез доповідей XVI наукової конференції ТНТУ ім. І. Пулюя. – Том II «Матеріалознавство та машинобудування» - Тернопіль: ТНТУ, 2013. - С.33.
2. Сташків М. Аналіз характеристик крапель при хімічному захисті рослин / М. Сташків, Т. Рибак, І. Бортник // Зб. тез доповідей XVIII наукової конференції ТНТУ ім. Івана Пулюя. – Тернопіль: ТНТУ, 2014. - С.89 - 90.
3. Яцков Р.П. Технологический процесс и оборудование для опрыскивателей с электроподзарядкой капель: Дис. канд. с.-х. наук. - М.: РГБ, 2005. - 147 с.
4. Ксенз А.Я. Совершенствование технологии и оборудования для опрыскивания сельскохозяйственных культур с применением электризации жидкостно-воздушной смеси: Дис. канд.с.-х. наук. – зерноград, 2014. – 181 с.
5. Х. Грин, В. Лейн, Аэрозоли – пыли, дымы и туманы. Изд. 2-е, стер. Изд-во «Химия», 1972. – 428 с.
6. Releigh L. On the Instability of jets, London, Mathematical Society. – 1988.
7. Фукс Н.А. Механика аэрозолей. – М.: Изд-во Академии наук СССР, 1955. – 351 с.

### Аннотация

#### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ В ХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЕ РАСТЕНИЙ

Сташков Н.Я., Рыбак Т.И., Бортник И.М.

*Рассмотрено влияние электрического поля высокого напряжения на процесс нанесения средств химической защиты растений. Получено уравнение для расчета значения напряжения. Проведен анализ зависимости напряжения от расхода рабочей жидкости и ее концентрации в факеле распыла.*

### Abstract

#### USE OF HIGH VOLTAGE ELECTRIC FIELD IN CHEMICAL PROTECTION OF PLANTS

M. Stashkov, T. Ribak I, I. Bortnik

*The influence of the electric field of high voltage in the process of applying chemical means of plant protection is reviewed. The equation for calculating the approximate value of the voltage is defined. The value of the voltage depending on the rate of the flow and its concentration in the spray cone is analyzed.*

## ОБЗОР КОНСТРУКЦІЙ ПІДВІСОК СОШНИКІВ СІВАЛОК

Пастухов В.І., д.т.н., проф., Скофенко С.М., к.т.н., доц.,  
Крохмаль Д.В., аспірант

*Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка*

*В статті розглядаються конструкції начіпок сошників сівалок, їхні позитивні сторони, основні недоліки та запропоновані способи поліпшення копіювання ґрунту та рівномірність загортання насіння.*

**Постановка задачі.** Підвіски сошників та посівних секцій є важливими елементами вузлів загального призначення сівалки, бо за їх допомогою сошники та посівні секції приєднуються до рами ходової системи сівалки і забезпечують копіювання поверхні поля. Конструкція самої підвіски сошника суттєво впливає на рівномірність глибини заробки насіння, що є важливим агротехнічним показником від якого залежить урожайність.

**Мета роботи.** Обзор конструкцій підвісок сошників сівалок дасть можливість обрати необхідний тип підвіски та її параметрів для забезпечення рівномірності глибини заробки насіння та стійкості ходу сошників у ґрунті.

**Результати дослідження.** За конструкцією підвіски сошників поділяються на дві групи: шарнірно-радіальні і шарнірно-паралелограмні [1]. Залежно від типу сівалки, способу сівби та виду вирощування культури вибирають різноманітні схеми підвісок сошників та секцій. Так, радіальні (одно – та двоповідкові) з вільно начепленими наральниковими сошниками використовуються при роботі на добре обробленому ґрунті з рівномірною розробкою шару по глибині ходу сошників, а радіальні з натискними штангами – на будь-яких фонах поля та на різноманітних швидкостях сівби.

Радіальні підвіски сошників характеризуються малою металоємкістю (легкі), простотою конструкцією, надійністю в експлуатації, але вони недостатньо копіюють поверхню поля, що приводить до зміни установленної глибини ходу сошника [2].

Для стабілізації глибини ходу сошників на радіальній підвісці використовують нажимні штанги з пружиною та опори. Кращий ефект досягається, коли опора виконується по центру вертикальної осі (рис. 1, а) сошника. Це може бути реборда дискового сошника або опора максимально наближена до вертикальної осі. Розташування опори попереду або позаду (рис. 1, б) сошника на величину відхилення від заданої глибини ходу сошника впливає не суттєво. Найкраще копіювання поверхні поля забезпечується при радіальній підвісці сошника з балансірною опорою. Конструктивно підвіски сошників виконуються одноповідковими і двоповідковими (рис. 1, в) і складаються з повідка 10, який встановлюється на вісь 11, нажимної штанги з пружиною 9.



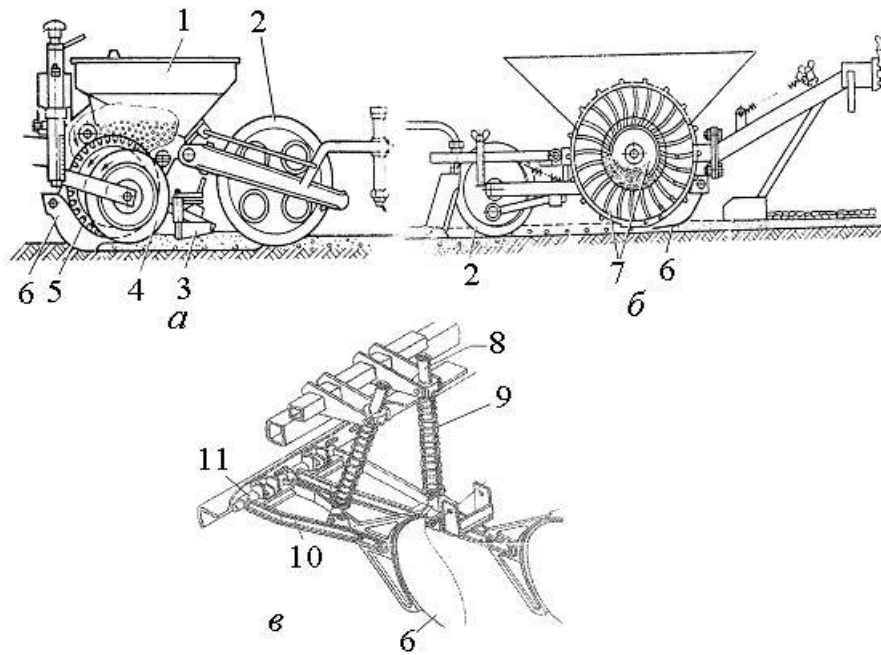


Рис. 1 – Конструктивні рішення шарнірно-радіальних підвісок сошників

а – підвіска сошника сівалки “Моно центр”; б – підвіска сошника сівалки “Унікорн”; в – підвіска сошника сівалки СЗ-3,6А: 1 – бункер; 2 – коток; 3 – загортачі; 4 – опорне колесо; 5 – висівний диск; 6 – сошник, 7 – дозуючий диск; 8 – штанга; 9 – пружина; 10 – поводок; 11 – вісь

Аналіз проведених досліджень роботи радіальних підвісок показує, що для зменшення помилок копіювання нерівностей ґрунту необхідно намагатись збільшувати довжину підвіски. При цьому, якщо використовується опора, то вона має бути максимально наближеною до сошника. Мінімальна помилка копіювання забезпечується при центральному положенні опори (по осі висівання насіння).

Суттєвими недоліками цієї підвіски є незадовільний розподіл насіння по горизонталі і по вертикалі та незабезпечення постійного кута входження сошника в ґрунт.

Паралелограмні підвіски використовують, як правило, на просапних сівалках. Вона забезпечує постійний кут входження сошника в ґрунт. Розміщення опори спереду або ззаду сошника не впливає на помилку копіювання [2].

Така конструкція механізму навіски посівної секції з жорстко закріпленою верхньою ланкою чотирьохланкової навіски і розташованих під кутом одне до іншого бокових ланок забезпечує покращення якості розподілу насіння за рахунок підвищення стійкості ходу робочого органу у вертикальній площині, але не може забезпечити якість однозернового посіву, оскільки сошник повертається навколо точки підвісу і здійснює коливальний рух у горизонтальній площині.

Паралелограмні чотирьохповідкові підвіски сошників забезпечують більшу стійкість ходу сошника, ніж радіальні. Копіювання відбувається за допомогою копіюючих коліс секції.

Паралелограмна підвіска 4 складається з переднього кронштейну, який жорстко кріпиться до бруса рами, чотирьох повідків і заднього кронштейну, до якого приєднується сошник. Для копіювання поверхні поля застосовують опорні котки, які можуть бути розташовані таким чином: коток попереду сошника (рис. 2, а), коток позаду сошника (рис. 2, б), котки попереду і позаду сошника (рис. 2, в) [1].

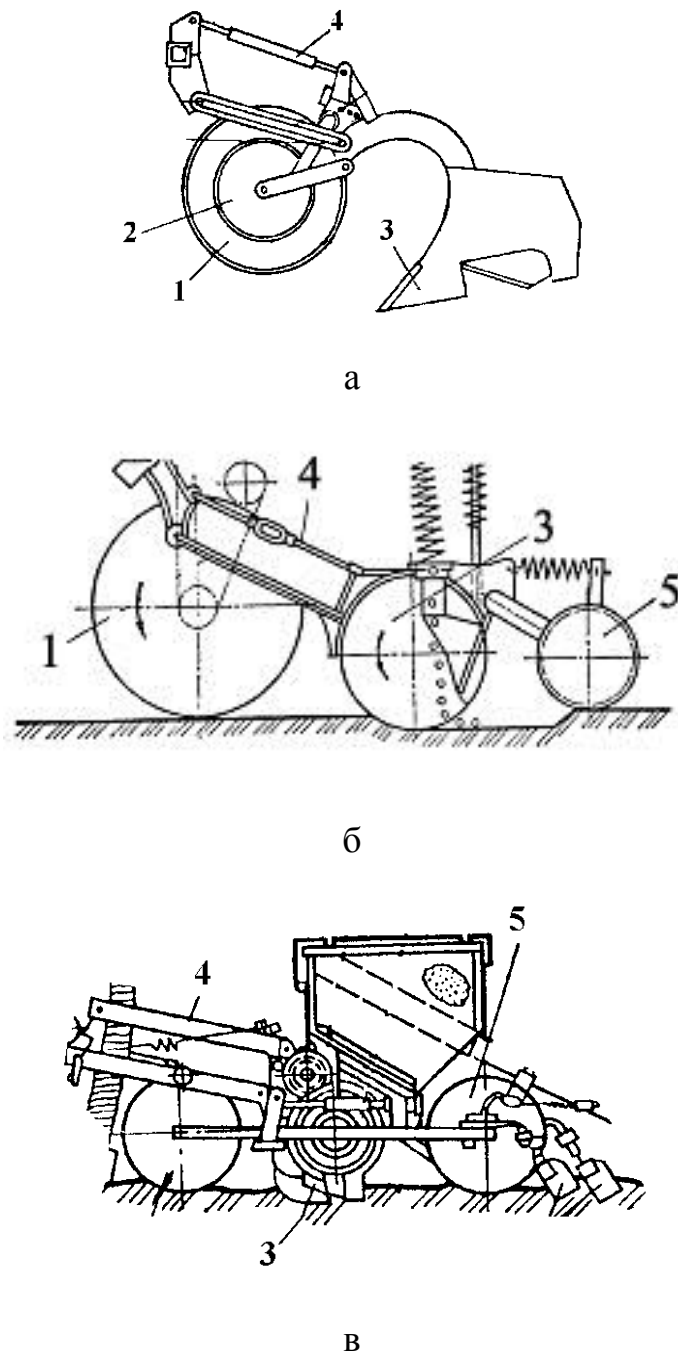


Рис. 2 – Конструктивні рішення шарнірно-паралелограмних підвісок сошників:

а – підвіска сошника картопледжалки КСМ-4; б – підвіска сошника сівалки СЛН-8Б; в – підвіска сошника сівалки ССТ-12В; 1 – опорне колесо; 2 – копіювальне колесо; 3 – сошник; 4 – паралелограмна підвіска; 5 – коток

В залежності від способу кріплення котків балансірної опори вони по

різному впливають на процес копіювання і заробки насіння у ґрунт. Коток, який розташований попереду сошника – ущільнює ґрунт для того, щоб сошник утворював чітку борозну з рівними ущільненими стінками. Якщо ґрунт має підвищену вологість, то тиск на передній коток зменшують, а якщо знижену, то тиск збільшують. В нормальних умовах – тиск на обидва котки встановлюють однаковий.

Але паралелограмна підвіска важча, за конструкцією складніша, зношування шарнірів підвіски приводить до коливань ходу сошника в поперечному напрямку до руху сівалки.

Висновки. Радіальна безопорна підвіска гірше інших копіює рельєф ґрунту, але вона проста і невибаглива в роботі. Роботу радіальної підвіски можна поліпшити, збільшивши довжину повідка. Так як значне подовження повідця пов'язане з небажаним збільшенням розмірів сівалки.

Щоб поліпшити копіювання ґрунту сошниками з радіальною і паралелограмною підвісками, доцільно застосовувати натискну пружину спільно з опорним катком або полозом найвигіднішим є таке положення опорного катка або полоза, при якому поперечна вісь сошника збігається з віссю опори. Якщо встановити опору таким чином не вдається, то при радіальній підвісці краще розмістити її за сошником, а при паралелограмній - попереду або позаду сошника (обидва положення рівноцінні). Відстань між сошником і опорою слід вибрати рівним довжині нерівності або кратним їй.

Жорсткість нажимної пружини повинна бути невеликою, а попереднє затягування - достатнім для запобігання вигиблення. Для таких підвісок доцільно ввести шарнірне кріплення опорного катка з автоматичним скидачем нажимної пружини.

Рівномірність загортання насіння значно підвищується при використанні балансірної підвіски. У неї задній каток навантажений більше переднього, так що останній доцільно застосовувати для приводу висівного апарату.

Подальшого поліпшення рівномірності загортання насіння можна домогтися, застосувавши підвіски з двома, трьома і більше балансірами, а також пружини регульованої жорсткості.

## **Список використаних джерел**

1. Бакум М.В., Бобрусь І.С., Михайлов А.Д., Морозов І.І., Нікітін С.П. Посівні машини – Харків, 2005. С. 136-140.
2. Анісімов О.В., Сало В.М., Мороз С.М. Аналіз конструкцій посівних секцій просапних сівалок / Матеріали ІХ-ї Міжнародної науково-практичної конференції. Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки, вип. 2. – Кіровоград: КНТУ, 2013. – С. 3-4.
3. Апрелева М.С. Биологическое обоснование глубины заделки семян основных полевых культур Украины. Автореферат диссертации на соискание уч. ст. канд. с-х н., Харьков, 1962. – 96 с.
4. Белодедов В.А. К вопросу равномерности распределения семян при посеве / Труды Костромского СХН, 1969, вып. 12. – С. 81–90.

5. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини. – К.: Урожай, 1994. – 447 с.
6. Бузенков Г.М., Ма С.А. Машины для посева сельскохозяйственных культур. – М.: Машиностроение, 1976. – 272 с.
7. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Том I, частина 2. машини для сівби та садіння. – Харків: Око, 2004. – 452 с.
8. Зырянов В.А. К обоснованию эталона для оценки равномерности посева сельскохозяйственных культур / Механизация и электрификация сельского хозяйства. Респ. межвед. темат. научн. техн. Сборник. – К.: Урожай, 1985, вып. 61. – С. 3–11.
9. Семенов А.Н. Зерновые сеялки: – М.: Машгиз, 1959. – 315 с.
10. Пневматические сеялки. Конструирование и расчет / С.А. Мартиненко, Л.Г. Манишена, Л.В. Погорелый и др. Под общ. ред. Л.В. Погорелого. – К.: Техника, 1992. – 220 с.
11. Карпенко А.Н., Халанский В.М. Сельскохозяйственные машины, – 6-е изд., перераб. И доп. – М.: Агропромиздат, 1989. – 527 с.
12. Кленин Н.И., Сакун В.А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины: Элементы теории рабочих процессов, расчет регулировочных параметров и режимов работы. Изд 3-е., перераб. и доп. – М.: Колос, 1994. – 751 с.
13. Дроздов В.Н., Кандев В.Ф., Сердечный А.Н. Настройка и регулировка сельскохозяйственной техники для возделывания зерновых культур. – М.: Росагропромиздат, 1990. – 223 с.
14. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко та ін.; За ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2004. – 544 с.

## **Аннотация**

### **ОБЗОР КОНСТРУКЦИЙ ПОДВЕСОК СОШНИКОВ СЕЯЛОК**

Пастухов В.И., Скофенко С.Н., Крохмаль Д.В.

*В статье рассматриваются конструкции подвесок сошников сеялок, их положительные стороны, основные недостатки и предложены способы улучшения копирования почвы и равномерность заделки семян.*

## **Abstract**

### **REVIEW OF STRUCTURES PENDANTS COULTERS SEEDERS**

V. Pastukhov, S. Skofenko, D. Krokhmal

*This article discusses the design of suspensions coulter drills, their positive side, the main shortcomings and suggested ways to improve the soil up and uniformity of seed placement.*

## ДО ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОМИСЛОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ТОМАТІВ

**Пастухов В.І., д.т.н., проф.**

*Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка*

**Сисенко І.І., к.т.н., генеральний директор**

*ЗАТ ТМ «Зміївська овочева фабрика»*

*В статті на підставі аналізу виробництва овочів та експериментальних досліджень надаються практичні рекомендації до удосконалення механізованої технології вирощування і збирання томатів.*

**Постановка задачі.** Як відмічалось в [1] доросла людина повинна споживати щоденно 300-440 грамів овочів. Це пов'язано з тим, що ці продукти харчування багаті такими поживними речовинами, як вуглеводи, вітаміни, неорганічні речовини, харчовими волокнами. Реально кожний середньоукраїнський мешканець на протязі останніх років споживає у середньому 130 кг овочів, що на 30% менше, ніж мешканець Європи. Крім того, слід відмітити, що асортимент овочевої продукції українців налічує до 10 найменувань, в той же час європейці на протязі всього року споживають десятки видів різноманітних овочів.

**Мета роботи:** визначити причини низької врожайності і відповідно недостатнього об'єму виробництва вітчизняної продукції, знайти напрямки їх усунення та надати практичні рекомендації виробникам.

**Результати дослідження.** Причин недостатнього виробництва і низького споживання овочів в Україні множина: низька покупна спроможність більшої частини мешканців країни, недостатній рівень культури харчування, недостатня обізнаність про продукти харчування, висока ціна на нетрадиційну овочеву продукцію, недостатній об'єм виробництва овочів із-за низької врожайності, великі втрати на шляху від поля до покупця, і так далі.

Зупинимося на питанні ціни, а точніше собівартості овочів. Серед впливових факторів на високу собівартість (в порівнянні з країнами з розвинутим овочівництвом) впливають: ціна якісного імпортного насіння; ціна нафтопродуктів, в порівнянні з південними країнами більший світовий день і більша сума позитивних температур; недостатній рівень механізації технологій вирощування і збирання овочів.

Серед низки причин виділимо ті, які ми (інженери-технологи сільськогосподарського виробництва) спроможні вирішити, або накреслити шляхи розв'язання народногосподарської проблеми. В першу чергу це стосується промислової технології. Для прикладу розглянемо виробництво томатів, або як ми звикли називати в Україні «помідорів».

За даними ФАО [2] томати займають перше місце в світі серед овочів за площею вирощування. В нашій країні під цю культуру зайнята четверта частина загальної площі під овочами. Серед світових виробітників за валовим збором томатів Україна займає 14 місце, а по врожайності – 110-е.

Томат або помідор (лат. *Solanum lycopersicum*) - однорічна (у тропічних зонах багаторічна) трав'яниста або напівкущова рослина заввишки 40-120 см. Цвіте в червні - вересні. Плід - велика куляста або видовжена, соковита, м'ясиста, дво- чи багатокамерна ягода [3].

У порівнянні з іншими овочевими рослинами томат менш вимогливий до ґрунту. Його можна розміщувати на різних за фізичними властивостями ґрунтах, але краще на супіщаних або легких, суглинках, що добре прогріваються і багатих перегноєм. У низьких місцях, на важких ґрунтах томат погано росте і плодоносить. Томат не надто чутливий до реакції ґрунтового середовища, проте краще розвивається на нейтральних або слабокислих ґрунтах (рН 6-6,5). При високій кислотності ґрунту необхідне його вапнування. Найбільша потреба - в калії, менша - у фосфорі. Необхідно підтримувати правильне співвідношення елементів живлення, особливо калію і азоту. [4].

Внесення добрив в оптимальній дозі  $N_{60}P_{12}OK_{60}$  кг на 1 га діючої речовини при зрошенні на чорноземах. Локальне застосування мінеральних добрив з розрахунку  $N_{30}P_{30}K_{15}$  кг на 1 га діючої речовини дозволяє скоротити їх витрати. Для поверхневого внесення з подальшою заробкою застосовують розкидачі мінеральних добрив типу МВУ-1200, РУМ-500, МВД-0,5, РДФ-1000, Amazon за х Perfekt та ін. Для локального внесення культиватори-підживлювачі типу КРН, КМН, КРНВ.

Обробіток ґрунту проводиться у два етапи - осінній і весняний. Після збирання врожаю попередньої культури ґрунт обробляють луцильниками на глибину 8-12 см, знищуючи бур'яни і перемішуючи рослинні рештки з ґрунтом. Глибина оранки залежить від потужності гумусового шару і становить в середньому 22-26 см. Навесні для збереження вологи ґрунт обробляють важкою зубовою бороною БЗТС-1,0. Дуже добре зарекомендувала передпосівна обробка фрезою з активними робочими органами на мінімальну глибину (3 см), що можливо при рівній поверхні поля.

Треба звернути увагу на режим зрошення під час вирощування томатів. Томат - вологолюбива культура, це пов'язано з неглибоким розташуванням коренів. Однак в різні періоди зростання вимогливість до води неоднакова. Відразу після посадки потрібна висока вологість ґрунту, що забезпечує добре укореніння і приживлюваність розсади. Потім, до плодоношення, вологість ґрунту повинна бути помірною, щоб обмежити надмірне зростання зеленої маси кущів. Більш висока вологість ґрунту необхідна під час масового зав'язування плодів. Недостатнє зволоження в цей період призводить до зниження врожаю і його якості, а іноді і до значної втрати через осипання квіток і зав'язі. У період масового дозрівання плодів необхідно підтримувати помірну вологість ґрунту, так як підвищена волога може знизити в плодах вміст сухих речовин, викликати їх розтріскування і загнивання. Взагалі оптимальна вологість ґрунту складає 75-80% ППВ.

Такий гнучкий режим вологості ґрунту при мінімальних витратах води і енергії можна забезпечити за допомогою краплинного зрошення. Система крапельних стрічок, прокладених вздовж рядків забезпечує подачу води безпосередньо до кореневої системи, не зволожуючи міжряддя і, таким чином, не сприяє росту бур'янів. Крім того через крапельниці разом з водою можна подавати рослинам мінеральні добрива, препарати хімічного захисту рослин. Цей спосіб має загальну назву фертигація (від англійських слів *fertilizer* – добрива і *irrigation* - зрошення). На сьогоднішній день у краплинного зрошення є тільки один недолік – значно висока питома ціна (порядку 60 тис. грн./га), і зовсім не зрозуміло, чому вона виросла втричі пропорційно зростанню курсу долара, в той час як в Україні масово налагоджено виробництво усіх комплектуючих систем краплинного зрошення. А без води навіть не варто і замислюватися про промислове виробництво томатів і овочів взагалі. [5, 6].

Особливе місце в технології виробництва томатів займає збір врожаю, який і вимагає великих трудових витрат - до 60% всього обсягу робіт. Велика частина врожаю в країні збирається вручну.

Одноразове комбайнове збирання врожаю, з урахуванням часткового пошкодження плодів, може бути застосоване тільки для переробки на томатопродукти: пасту, кетчуп і т. ін. Основні вимоги до таких сортів - збереження консервних якостей і міцності плодів протягом двох–трьох тижнів. Томатозбиральний комбайн призначений для одноразового суцільного збирання плодів, з подальшим використанням у консервній промисловості. На сьогодні в Україні при збиранні томатів використовуються іноземні комбайни Guaresi Super G48, G89/93 MS 32, Sande, Pomac, Baricelli та ін. [7].

Для збирання за допомогою платформ і збиральних агрегатів, а також вручну необхідні сорти та гібриди з великими плодами і з підвищеним вмістом сухої речовини. З такими властивостями на ринку насіння є багато пропозицій. Але ми хотіли б зупинитися на гібриді німецької компанії Agri Saaten «Роста F1». Як відомо, в реалізації біопотенціалу продукції рослинництва якість насіннєвого матеріалу складає приблизно 40%. [8]. За проханням виробників овочів за програмою дорадництва ХНТУСГ у 2016 році нами було досліджено цей гібрид.

Томат «Роста F1» ранній, детермінантний гібрид для вирощування у відкритому ґрунті і механізованого збирання. Рослина компактна, висотою 60-80 см. з високою силою росту, з потужним листям, Добре розвинена коренева система. Плоди округло-кубовидної форми, темно-червоного кольору. М'ясисті, приємні на смак, щільні, мають товсту стінку. Томати були вирощені на дослідній ділянці в Харківській області розсадним способом. Висів насіння на розсаду було проведено 12 березня 2016 року, висадка в ґрунт – 2 травня. Дослідження плодів проводили 27 липня і 24 серпня, результати наведені на рис. 1 та у таблиці 1.

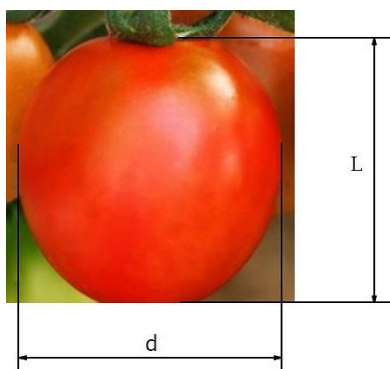


Рис. 1 – Загальний вигляд плоду томата «Роста F1».

Зусилля на відрив плодів від плодоніжки склало 4...16 Н. Питома вага стиглих плодів менше 1 г/см<sup>3</sup>.

Таблиця 1 – Результати досліджень плодів томата «Роста F1»

Показники	27.07.2016 р.	24.08.2016 р.
Кількість плодів на кущах, шт.	41-73	52-93
Зрілих плодів, %	75	95
Середній розмір плоду, см		
d	48,3	49,7
L	50,0	54,7
Середня маса плоду, г	133,0	165,0
Мінімальна маса плоду, г	112,0	148,0
Максимальна маса плоду, г	163,0	174,0

Гібрид стійкий до впливу фітофторозу.

**Висновок.** Для збільшення врожайності і зменшення витрат ручної праці при виробництві томатів необхідно застосовувати сучасні засоби механізації з обробітку ґрунту, внесення добрив, догляду за рослинами, збиранні врожаю.

Найефективнішим способом зрошення овочів, зокрема томатів, є система краплинного зрошення з вузлом для здійснення фертигації.

За результатами польових досліджень для промислового виробництва томатів для ручного і механізованого збирання рекомендуємо гібрид німецької компанії Agri Saaten «Роста F1», який має позитивну оцінку як за смаковими, так і за механіко-технологічними властивостями.

### Список використаних джерел

1. Статистичний збірник «Баланси та споживання основних продуктів харчування населенням України». Державна служба статистики України, 2016 р.
2. Кныш В., Наумов В. Промышленная технология выращивания томата на капельном орошении/Овощеводство.- № 2, 2017. С.26-30.
3. Б.олотских А.С. / Энциклопедия овощевода. – Харьков: Фолио, 2005. – 799 с.
4. <http://www.uaseed.com/vrediteli/329.htm>.



5. Пастухов В.І. Перспективи розвитку промислового виробництва овочів в Харківському регіоні / Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Випуск 124, т.1 – Харків. – 2011. - С.308-313.
6. <http://www.booksite.ru/localtxt/gar/den/ment/10.htm>.
7. <https://agroserver.ru/tomatouborochnye-kombaynu>.
8. Пастухов В.І. Якість механізованих технологічних операцій і біопотенціал польових культур / Наукові рекомендації для працівників механізованого рослинництва. ISBN 966-8082-14-1 – Харків: ЧП „Ранок-НТ”, 2002. – 124 с.

## **Аннотация**

### **К ВНЕДРЕНИЮ ПРОМЫШЛЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ТОМАТОВ**

Пастухов В.И., Сысенко И.И.

*В статье на основании анализа производства овощей и экспериментальных исследований представлены практические рекомендации по совершенствованию механизированной технологии возделывания и уборки томатов.*

## **Abstract**

### **TO THE INTRODUCTION OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY FOR TOMATO PRODUCTION**

V. Pastukhov, I. Sisenko

*The article is based on the analysis of vegetable production and experimental studies provided practical recommendations for improving the mechanical technology growing and harvesting tomatoes.*

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СЕЯЛОК ЗА СЧЕТ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ

**Морозов И.В., д.т.н., проф., Морозов В.И., к.э.н., доц.,  
Киральгази И.И., аспирант, Курлов В.И., маг.**

*Харьковский национальный технический университет им. Петра Василенка,  
Луганский национальный аграрный университет*

*В статье представлено направление повышения эффективности посева сельскохозяйственных культур за счет перспективного управления зерновым потоком в сошнику и при выходе из него.*

**Постановка проблемы.** Качество посева сельскохозяйственных культур оценивается равномерностью распределения семян в почве в соответствии с агротребованиями.

Равномерность распределения семян зависит от упорядоченности зернового потока, который формируется высевающим аппаратом и исходит из него. На проблему движения семян в сошнике многие исследователи обращали внимание, высказывали идею уравнивать скорость семян и сеялки (акад. М.В. Сабликов [1], Л.С. Зенин [2], С.И. Шмат [3]).

Но технических решений для реализации этой идеи в то время, как отмечали авторы, не существовало.

**Анализ исследований.** Для улучшения равномерности распределения семян в почве анкерными сошниками проф. М.Х. Пигулевский предложил поставить в сошнике плоскую отражательную пластину, понижающуюся по ходу движения сошника.

Техническое решение проф. М.Х. Пигулевского в своё время сыграло положительную роль в улучшении качества посева, благодаря чему семена были направлены к носку сошника с целью расположения семян на дне борозды. Но не все семена попадали на дно борозды, а часть их располагалась на подсошниковой наклонной поверхности, и оставались заделанными на меньшую глубину.

Техническое решение М.Х. Пигулевского можно применять на сошниках, не имеющих опорной плоскости [4].

Исследования агрофизиков и ученых сельскохозяйственной науки позволили усовершенствовать агротребования к посевным машинам. Было добавлено формирование семенного слоя почвы с оптимальной плотностью. А это могут выполнять сошники, опирающиеся на плоскость. Значит, направление зернового потока к носку сошника утратило смысл.

Поэтому, исследователи, в том числе и мы [5-7] начали искать пути улучшения технологического процесса в этом направлении.

**Цель работы.** Обосновать перспективное направление повышения эффективности технологического процесса управления зернового потока в

сошнике и при выходе из него в нужном направлении.

**Изложение основного материала.** Один из ведущих специалистов в области посевной техники проф. А.Н. Семенов [5] отмечал, что комплекс рабочих органов зерновых сеялок в большей или в меньшей степени обеспечивает лишь вертикальную равномерность высева, вдоль рядка семена распределяются крайне неравномерно, поперечная равномерность также оставляет желать лучшего. Только из-за неравномерности и неправильности высева ежегодный недобор ценнейшей культуры – пшеницы составляет 15-20%.

В итоге, современное состояние механизации высева семян таково, что в наихудшем положении в отношении выполнения агротехнических требований оказываются семена наиболее ценной культуры – пшеницы. Отсюда ясно, что необходимо срочное решение всех вопросов, связанных с улучшением качества посева зерна.

Почти все исследователи в своих работах приводили качественную теорию проф. М.Х. Пигулевского [4] осыпания почвы после прохода сошников, и констатировали, что в результате осыпания почвы образуется подсошниковая наклоненная вперед поверхность почвы, на которой укладываются семена естественно будучи заделанными на разную глубину, что вызывает неравномерные всходы, неодинаковое развитие, неодновременное их созревание и как итоговый результат – потеря урожая.

Но теории и технических решений по совершенствованию процесса осыпания почвы и заделки семян на заданную глубину не было найдено.

Так как равномерность распределения семян зависит от упорядоченности зернового потока, который формируется высевающим аппаратом и исходит из него, поэтому объектами наших исследований являются те рабочие органы и его элементы, которые принимают зерновой поток от высевающих аппаратов и транспортируют их на дно борозды.

Высев аппаратом заключается в последовательном выделении семян через определенные промежутки времени.

На втором этапе процесса случайный характер потока, созданный высевающим аппаратом, усиливается влиянием свойств семян, семяпровода и сошника. По своей сущности эти факторы в силу резкой их изменчивости, являются также случайными.

На последнем этапе процесса случайный характер потока усиливается воздействием ряда случайных факторов, основными из которых являются свойства семян и почвы, форма борозды и параметры движения.

Улучшение равномерности распределения семян реализуется различными методами. Один из сравнительно новых и перспективных является введение в конструкцию сошников направляющих элементов для семян (В.Е. Комаристов [8], Н.И. Любушко [9-12], О.В. Пущинская [13], В.П. Голопанов [14], В.А. Кириченко [15], и др.). Это создает благоприятные условия полета семян и в особенности при выходе из сошника за счет уравнивания скоростей горизонтальной составляющей семян и агрегата. В этом случае семя обладает относительно почвы только вертикальной составляющей абсолютной скорости, т.е. это приближение к идеальным условиям.

В настоящей работе, решая задачи по обоснованию параметров направляющих элементов для семян, руководствовались методологией П.М. Василенко [16] и П.М. Заики [17].

Для улучшения равномерности распределения семян в почве анкерными сошниками проф. М.Х. Пигулевский предложил поставить в сошнике плоскую отражательную пластину, понижающуюся по ходу движения сошника.

Техническое решение проф. М.Х. Пигулевского в свое время сыграло положительную роль в улучшении качества посева.

Нами решен ряд задач по обоснованию параметров движения частиц по различным поверхностям, которые являются направляющими элементами для семян [18-22].

Равномерность распределения семян зависит от упорядоченности зернового потока, который формируется высевающим аппаратом и исходит из него, поэтому в результате решения задачи движения частицы в поле силы тяжести с учетом сопротивления воздуха мы определяли условия, при которых скорость частицы, движущейся в поле силы тяжести с учетом сопротивления воздуха, принимает заданное значение. Это дает возможность более точно учитывать параметры движущейся частицы, а следовательно и с такой же точностью производить расчет параметров направляющих элементов последующих рабочих органов.

Целью поставленной задачи является обеспечение направленности зернового потока в требуемом направлении, свободного его прохождения в каналах сошников при высева самых крупных семян и при максимальных нормах высева и уравнивания скоростей горизонтальной составляющей семени при вылете из сошника и скорости агрегата.

Решая задачу по достижению поставленной цели, на последнем этапе движения семян в сошнике должен быть установлен направляющий элемент (отражатель) таким образом, чтобы направлять полет семян назад по ходу движения агрегата.

Размер горизонтальной проекции отражателя должен быть достаточным для обеспечения равенства горизонтальной составляющей скорости семян при вылете из сошника и скорости агрегата (в пределах 3-3,5 м/с) и соблюдения условия.

Горизонтальная составляющая скорости полета семян при вылете из сошника по модулю относительно почвы должна приближаться к скорости агрегата. Это положение можно удовлетворить подбором направляющих элементов с определением их параметров для соответствующих семян и для требуемых режимов работы посевных агрегатов.

Выше отражателя в канале сошника должны стоять направители семян, параметры которых рассчитываются по выражениям.

В отношении количества направителей следует заметить следующее. Зерновой поток должен по ним двигаться без заторов, следовательно, скорость движения по ним должна быть не меньше скорости семян, поступающих в сошник. Площадь выходного канала для семян из сошника должна удовлетворять условию по [5]:

$$F = 56,52 \cdot BC, \quad (1)$$

где: В и С – поперечные размеры семян.

Нами было проведено экспериментальные исследования высева семян с целью обоснования количества направляющих элементов в сошнике.

Исследовались физические модели с 2, 3 и 4 направляющими.

Для контроля исследовались наральниковый экспериментальный сошник с прямым углом выпадения в почву и с двумя направляющими элементами, серийный двухдисковый сошник и килевидный.

Искомыми показателями были среднеарифметический интервал вдоль рядка, среднеквадратическое отклонение и коэффициент вариации.

Исследования показали, что меньшие изменения среднеарифметического интервала зафиксированы у килевидного сошника (4,0 см), сошника с 4 направляющими элементами (8,6 см) и двухдискового сошника (10,4 см). Остальные рабочие органы показали отклонения этого параметра в пределах 16,0-20,3 см.

Коэффициент вариации был таким: наименьший у сошника с 4 направляющими элементами (6,6%), у килевидного сошника – 100%, у сошника с прямым углом вхождения в почву и 2 направляющими элементами – 13,5%. У остальных рабочих органов коэффициент вариации колеблется в пределах 19,0-38,0%. Наибольшее значение этого параметра показали двухдисковый сошник (146,0%), сошник с двумя направляющими элементами (134,0%). Меньшие показатели этого параметра имеем: сошник с прямым углом (87,5%), сошник с 3 направляющими элементами (98,2%) и сошник с 4 элементами (101,0%). Килевидный сошник показал промежуточный результат – 142,0%.

Результаты этого эксперимента позволяют заключить, что по этим двум параметрам отличаются в лучшую сторону сошники килевидный и с 4 направляющими элементами. Худшие результаты показали двухдисковый сошник и рабочий с 3 направляющими элементами. Два сошника с двумя направляющими элементами показали промежуточные значения.

Наши исследования позволяют заключить, что в наральниковом сошнике необходимо устанавливать 3-4 направляющих элемента для сеялок. Из них нижний – отражатель для семян.

Установочные параметры направляющих элементов в наральниковых сошниках должны быть такими.

Нижний конец отражателя должен опираться на опорную плоскость сошника, а верхний его конец должен крепиться к лобовой поверхности внутри раструба. Размер горизонтальной поверхности отражателя должен быть достаточным для обеспечения равенства горизонтальной составляющей скорости семян при вылете из сошника и скорости агрегата (в пределах 3-3,5 м/с) и соблюдения условия (1).

Результаты проведенных исследований, которые подтверждаются данными других авторов, позволяют утверждать, что формирование зернового потока и его ориентация при выходе из сошника назад по ходу движения агрегата за счет направляющих элементов способствует уравниванию скоростей

последнего и семени, и улучшению равномерности распределения семян в почве.

### Список использованных источников

1. Сабликов, М.В. Сельскохозяйственные машины [Текст]. Комплексная механизация хлопководства / М.В. Сабликов – Ташкент. 1950. – 76 с.
2. Зенин, Л.С. Исследование пневматического высевающего аппарата точного высева [Текст]: Автореф. дис. канд. техн. наук / Л.С. Зенин: – Алма-Ата, 1962. – с. 23.
3. Шмат, С.И. Исследование аппаратов точного высева семян сахарной свеклы на повышенных скоростях [Текст]: Автореф. дис. канд. техн. наук: / С.И. Шмат. – Воронеж, 1970. – 24 с.
4. Пигулевский, М.Х. К анализу высева зерна рядовой сеялкой [Текст]. Т. 10/ М.Х. Пигулевский. – Машиноведения ГИСа, 1918. – с. 33-39.
5. Исследования анкерного сошника с прямым углом вхождения в почву [Текст]. Т.11. Сельскохозяйственные машины: сб. науч. тр. / А.Н. Семенов, И.В. Морозов / МИИСП. – М.: 1974. – с. 43-47.
6. Морозов И.В., К теории движения частиц по криволинейным поверхностям, применительно к сельскохозяйственной технике [Текст]: Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний зб. / И.В. Морозов, Н.В. Слоновский; Вип. 28. – Кіровоград, 1999. – с. 181-189.
7. Морозов И.В., Слоновский Н.В. О движении псевдосжиженной среды по направляющей поверхности [Текст]: Вісник ХДТУСГ / И.В. Морозов, Н.В. Слоновский; Вип. 9. – Харків, 2002. – с. 137-146.
8. Влияние поступательной скорости зерновой сеялки на качество посева. Конструирование и технология производства сельскохозяйственных машин [Текст] / В.Е. Комаристов, М.М Косинов, Г.И Маломуж. и др. – Киев, 1974. – с. 30-35.
9. Любушко, Н.И. Тенденция развития конструкции зерновых сеялок [Текст] / Н.И. Любушко. – М.: ЦНИИТЭИ тракторсельмаш. Серия «Сельскохозяйственные машины», 1975. – 42 с.
10. Любушко, Н.И. Исследование рабочих органов и усовершенствование конструкций зерновых сеялок для посева на повышенных скоростях [Текст]: Материалы НТС / Н.И. Любушко. Вып. 16, ВИСХОМ, 1964. – с. 188-200.
11. Испытания экспериментальных дисковых сошников зерновых сеялок на повышенных скоростях [Текст]: тр. ВИСХОМ / Н.И. Любушко, Ж.И. Лебедева, Б.А. Шульженко, Я.З. Новиченко. Вып. 75, 1973. – с. 124-128.
12. Любушко, Н.И. Результаты опытно-конструкторских работ по созданию зерновых сеялок для посева на скоростях 9-15 км/ч [Текст]: тр. ВИСХОМ / Н.И. Любушко. вып. 51, 1967. – с. 24-41.
13. Пущинская, О.В. Теоретическое обоснование формы направителей семян дискового сошника зерновой сеялки. Исследование и разработка высокопроизводительных методов почвообрабатывающих и посевных машин [Текст] / О.В. Пущинская. М.: 1982. – с. 17-21.
14. Голованов, В.П. Движение семян от высевающего аппарата до дна борозды

- в однозернових сеялках [Текст]: Тематический сборник Мордовского университета / В.П. Голованов. - 1973. - №96. - с. 16-26.
15. Исследование дисковых сошников с отражателями [Текст]: Межвузовский со. научн. тр. / Кириченко В.А., Трофимченко Ю.И., Морозов И.В. и др.; - К.: УСХА, 1990. - с. 17-19.
  16. Василенко, П.М. Элементы методики математической обработки результатов экспериментальных исследований [Текст] / П.М. Василенко. -М.: 1958. - 88 с.
  17. Заика, П.М. Избранные задачи земледельческой механики [Текст] / П.М. Заика. – Киев: УСХА, 1992. – 507 с.
  18. К обоснованию параметров отражателя семян в сошнике [Текст] / Морозов И.В., Власенко В.Г., Олумуйива И.Ф. и др.; Деп. В ТБ Украины 6.07.95, № 1715 Ук. – 95.
  19. Некоторые теоретические предпосылки к обоснованию параметров направителей семян в сошнике. [Текст] / Морозов И.В., Власенко В.Г., Олумуйива И.Ф. и др.; Деп. В ГНТБ Украины 6.07.95, №1714 – Ук – 95.
  20. К обоснованию параметров направителя семян в сошнике [Текст] / Морозов И.В., Власенко В.Г., Мустапха К.А. и др.; Деп. В ТБ Украины 6.07.95, №1713 Ук – 95.
  21. Морозов И.В., Визначення характеристик руху насіння по площині [Текст]: Вісник ХДТУСГ / И.В. Морозов, В.Г. Власенко, Доан Дик Винь; Харків, 2000. – с. 213-218.
  22. Морозов, И.В. Обоснование параметров движения частицы под действием гравитационного поля [Текст]. Т.9. Механізація сільськогосподарського виробництва: зб. наукових праць / И.В. Морозов, В.Г. Власенко, Доан Дик Винь; – Київ, 2000. – с. 107-112.

#### **Анотація**

### **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ СІВАЛОК ЗА РАХУНОК УДОСКОНАЛЕННЯ ЇХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ**

Морозов І.В., Морозов В.І., Киральгазі І.І., Курлов В.І.

*В статті представлений напрямок підвищення ефективності посіва сільськогосподарських культур за рахунок перспективного керування зерновим потоком в сошнику і при виході з нього.*

#### **Abstract**

### **THE EFFICIENCY OF SEEDING BY IMPROVING THEIR WORKING BODIES**

I. Morozov, V. Morozov, I. Kiralhazi, V. Kurlov

*The article presents the direction of increase of efficiency of agricultural crops due to long-term management of the grain flow in the opener and leaving him.*

## ДО ОБГРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ОЧИСТКИ ЗЕРНОВИХ СУМІШЕЙ ВІД ЛЕГКИХ ДОМІШОК

Сліпченко М.В., к.т.н., доц.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка*

*Використання секційної лабораторної установки з оргскла дало змогу провести досліді щодо ефективності виділення легких домішок пневмосепаруючим пристроєм вібровідцентрових зернових сепараторів. За результатами дослідів отримано чітку картинку візуалізації потоків зернової суміші та повітряного потоку. Встановлені траєкторії їх руху.*

**Постановка проблеми.** В результаті проведених теоретичних досліджень створено математичні моделі нелінійної динаміки потоку зернової суміші (ЗС) по тарілчастому розкидачу (ТР) [1], вилучення легких домішок з зернового шару, що продувається ПП [2], отримані залежності ефективності процесу очищення від конструктивно-технологічних параметрів розробленого віялово-кільцевого конусно-каскадного пневмосепаруючого пристрою (ПСП) [3]. Деякі вирази отримані при певних припущеннях, спрощеннях, і, відповідно, містять невідомі величини, які підлягають уточненню і можуть бути визначені експериментально [4]. В ході попередніх досліджень [4] виявлено оптимальні параметри пневмосепаруючого пристрою. Так як дослідження траєкторій руху ЗС і ПП необхідно вивчати вздовж радіальної та осьової осей ПСП, то для візуалізації та можливості зйомки необхідно робити виріз в ньому принаймні у чверть кола. Несемитричність отриманої конструкції значно впливатиме на нерівномірність поля швидкостей ПП та значно спотворе результати біля стінок з оргскла, де і можливе буде проводити виміри.

**Мета роботи.** Експериментальне підтвердження отриманих теоретичних досліджень, оптимізація конструктивно-технологічних параметрів пневмосепаруючого пристрою вібровідцентрових зернових сепараторів та візуалізація траєкторій руху зернової суміші та повітряного потоку потребує обґрунтування доцільності проведення частини експериментальних досліджень на лабораторній установці.

**Результати досліджень.** Лабораторна установка (ЛУ) на якій будемо проводити частину досліджень має створювати тіж самі умови очистки, як і ПСП виконаний в металі. Тому в ній повинна бути така саме загрузка, а відповідно і товщина шару ЗС, і витримані тіж самі швидкості ПП.

Дослідження процесу очищення ЗС від легких домішок проводили на ЛУ, що імітує ПСП (рис. 1), з можливістю регулювань (рис. 2). Для забезпечення відповідності аналогічності умов очистки геометричні розміри ЛУ відповідали розмірам ПСП, але являли собою сектор. Вибір такої форми обумовлений



необхідністю моделювання зміни товщини шару ЗС при русі по повітропроникній конусно-каскадній поверхні.

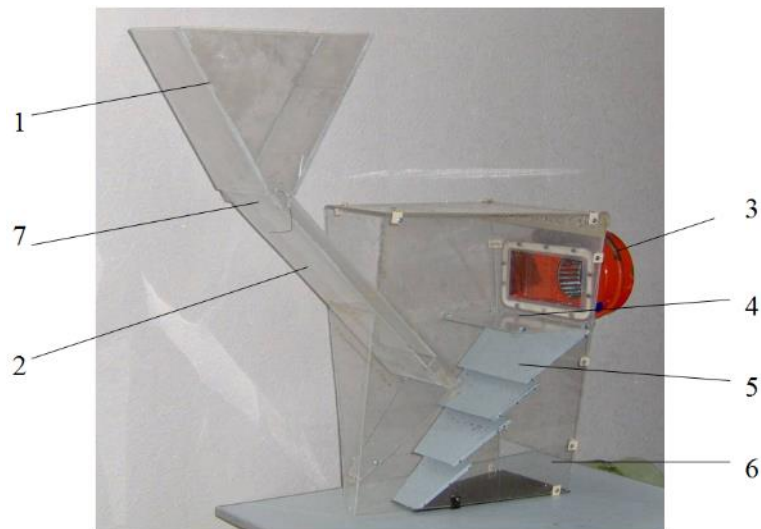


Рис. 1 – Загальний вигляд ЛУ

1 – бункер завантажувальний; 2 – площина похила; 3 – вентилятор; 4 – діафрагма; 5 – полки скатні; 6 – повітрозабірник; 7 – заслінка

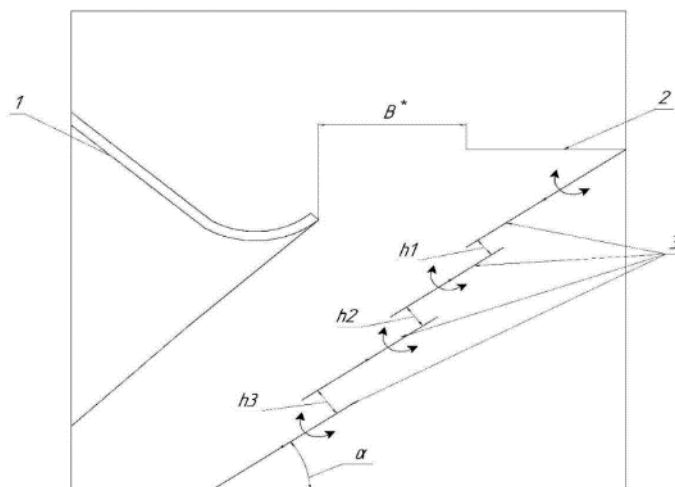


Рис. 2 – Конструктивна схема ЛУ

1 – площина похила; 2 – діафрагма; 3 – полки скатні;  $B^*$  – ширина зони основної очистки;  $h_{1,2,3}$  – величини зазорів між полицями (висота щілин);  $\alpha$  – кут нахилу полиць

Установка працює в такий спосіб. ЗС засипається в бункер 1, що має заслінку 7. При відкритті заслінки ЗС рухається по похилій площині 2, що має закруглення в нижній частині, та сходить по траєкторіях близьких до траєкторій сходу з ТР. ПП через повітрозабірник 6 проходить між щілинами полиць 5 і далі двічі перетинає потік ЗС, відбираючи легкі домішки, які відсмоктуються вентилятором 3. ЗС сходить по полицях і видаляється з ЛУ.

ЛУ дозволяє змінювати кути нахилу ( $35^\circ$ - $45^\circ$ ), кількість полиць (2-6), відстані між полицями 10-80 мм, ширину зони основної очищення (100-150 мм)

(рис. 2).

Для відповідності умов роботи ЛУ і ПСП на сепараторі необхідно, щоб швидкість руху ПП і ЗС відповідали аналогічним значенням в ПСП серійних вібровідцентрових сепараторів. З цією метою в лабораторній установці використовували короб, встановлений під нахилом. Кінець короба має форму, наближену до ТР сепаратора, а зміна довжини короба (додаткові секції) дозволяють варіювати швидкість сходу ЗС. Така конструкція забезпечує сход ЗС із заданою швидкістю і емітує роботу ТР.

Для проведення експериментів необхідно, щоб забезпечувалася також рівномірна подача ЗС. З цією метою в ЛУ передбачено завантажувальний пристрій, яке повинен відповідати таким основним вимогам: простоті і надійності конструкції, рівномірності при регулюванні подачі.

Виходячи з цих вимог, розробили конструкцію завантажувального пристрою ЛУ, представлену на рис. 3.

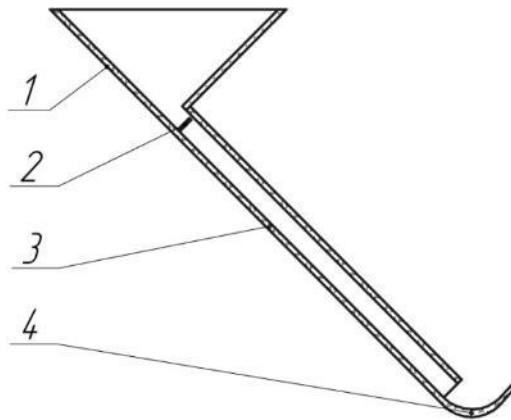


Рис. 3 – Завантажувальний пристрій ЛУ

1 – бункер; 2 – заслінка; 3 – жолоб похилий; 4 – закруглення

Використання даної конструкції дозволило робити експерименти з ЗС різної засміченості і складу, а також регулювати подачу і швидкість надходження суміші.

При проведенні експериментів подача ЗС повинна відповідати подачі в серійному ворохоочиснику. ЛУ є сектор, тому її продуктивність буде в  $\varphi_{лу} / \varphi_{псу}$  раз менше продуктивності ПСП горохоочисника [64], тобто лежати в діапазоні 0 - 0,063 кг/с (відповідає продуктивності сепаратора 0 - 6,944 кг/с (0 - 25 т/год)), де  $\varphi_{лу}$  – центральний кут сектора ЛУ;  $\varphi_{псу} = 360^\circ$  – центральний кут ПСП.

Випробування на ЛУ дали уявлення про траєкторії руху ЗС (рис. 4, а).

Для візуального визначення траєкторій ПП найбільш вживані методи іонного хмарки [5, 6], шовкових ниток [7] або використання диму [8, 9]. Використання методу іонного хмарки вимагає складного технічного обладнання, а інші способи не дозволили отримати чітку картину руху ЗС. Так як швидкість ПП лежить в діапазоні 5-10 м/с, то спостерігалось тріпотіння ниток, що змазувало картинку.

Метод використання диму [8, 9] також не дав результатів. Метод

застосуємо тільки при ламінарному русі ПП, так як дозволяє візуально спостерігати струмки диму. При турбулентному русі картинка різко змінюється: утворюється аерозоль, і зникає можливість спостерігати окремі струмки. Для можливості візуалізації руху ЗС модифікували метод шовкових ниток. Для цього застосували поліетиленову плівку, нарізану вузькими смужками. Це дозволило отримати цілком читану картину руху ВП в ЛУ (рис. 4, б).

Як видно з рис. 4, б, ПП спочатку проходить між пластинами, зберігаючи напрямок руху на деякій ділянці, а потім розвертається і рухається вгору.

Швидкість ПП всередині ЛУ можна змінювати шляхом зміни частоти обертання вентилятора. Для цього змінювали напруга, що підводиться до електродвигуна вентилятора, який працює на постійному струмі.

Для того щоб швидкості ПП серійного ПСП і ЛУ відповідали один одному проводили виміри. Для цього вибрали мікроманометр з трубкою Піто.

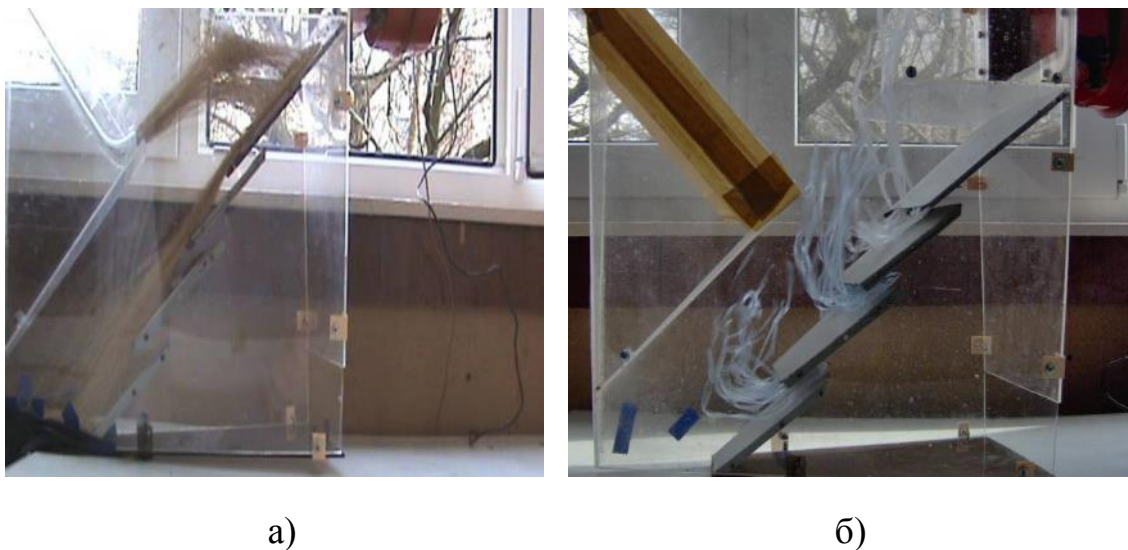


Рис. 4 – Траєкторії руху

а) ЗС; б) ПП

Трубка Піто дозволяє фіксувати різницю між динамічним і статичним тиском, а мікроманометр - вимірювати цю величину.

Для отримання більш точних результатів використовують чашкові мікроманометри з похилою шкалою. У цьому випадку величину динамічного тиску визначають з наступного виразу:

$$H = H_1 - H_2 = (l - a_n) \cdot \gamma_{жс} \cdot k_m, \quad (1)$$

де:  $H_1$  - повний тиск, Па;  
 $H_2$  - статичний тиск, Па;  
 $l$  - відлік по трубці, м;  
 $a_n$  - початковий відлік по трубці, м;  
 $k_m = \sin \alpha$  - масштаб мікроманометра;  
 $\gamma_{жс}$  щільність рідини, кг/м<sup>3</sup>.

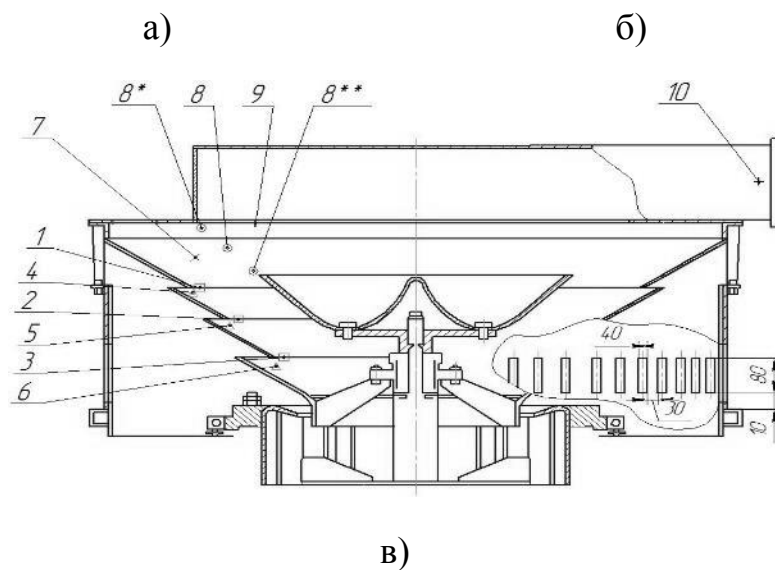


Рис. 5 – Виміри швидкостей ПП в ПСП

а) загальний вигляд сепаратора СВС-25 з розробленим ПСП; б) мікроманометр з трубкою Піто; в) схема розташування точок вимірів ПСП: 1-10 – точки виміру

На практиці для зручності використовують фіксовані коефіцієнти відліку (0,2; 0,3; 0,4; 0,6; 0,8) [10]. При цьому необхідно використовувати спирт-ректифікат щільністю  $0,8095 \pm 0,005 \text{ г/см}^3$ . При використанні спирту з іншою густиною вводять поправку, значення якої беруть з таблиць.

Згідно з методикою [11] визначення гідродинамічних характеристик ПСП проводили на незасміченому ПП.

Згідно з вищенаведеним, проводили виміри швидкостей ПП в ПСП (табл. 1), і перевіряли відповідності цих швидкостей в ЛУ. Виміри проводили при повністю відкритих засувках пилоосаджувальної камери і вентилятора, а також у відсутності додаткових фільтрів. З метою зменшення похибок повторюваність вимірів була триразовою. Відсутність значень у точці 3 обумовлена неможливістю потрапляння трубки Піто в простір внаслідок обмеження елементами конструкції.

Таблиця 1 – Результати вимірів швидкостей ПП

№ точки	Швидкість ПП, м/с			Середня швидкість ПП, м/с
	Замер № 1	Замер № 2	Замер № 3	
1	8,41	8,42	8,31	8,38
2	9,90	9,21	9,03	9,38
3	-	-	-	-
4	9,90	9,03	9,39	9,44
5	6,00	7,88	6,76	6,92
6	5,11	4,78	4,95	4,95
7	7,00	8,27	7,94	7,74
8	10,69	10,56	10,82	10,69
8*	8,47	8,52	8,42	8,47
8**	9,70	9,03	9,28	9,34
9	9,03	9,85	9,52	9,47
10	9,73	9,21	9,03	9,20

**Висновок.** Використання секційної лабораторної установки з оргскла дало змогу провести досліди щодо ефективності вилучення легких домішок пневмосепаруючим пристроєм вібровідцентрових зернових сепараторів. Отримано чітку картинку візуалізації потоків ЗС та ПП. Встановлені траєкторії їх руху. Але при вивченні швидкостей та траєкторій руху ЗС та ПП використання секційної лабораторної установки стало підґрунтям для виготовлення прямокутної лабораторної установки та проведення подальших уточнюючих експериментів на ній.

### Список використаних джерел

1. Тищенко Л.Н. Уравнения динамики зерновой смеси на тарельчатом разбрасывателе виброцентробежного сепаратора / Л.Н. Тищенко, М.В. Слипченко // Вібрації в техніці та технологіях. – 2012. – № 1 (65). – С. 123-127.
2. Слипченко М.В. Исследование очистки зерновых смесей при сходе с тарельчатого разбрасывателя пневмосепарирующего устройства виброцентробежного сепаратора / М.В. Слипченко // Motrol. Commission and Energetics in Agriculture. - Lublin-Rzeszów, 2014. - Vol. 16, No 7. - P. 89-91.
3. Слипченко М.В. Оптимизация конструктивно-технологических параметров пневмосепарирующего устройства виброцентробежных зерновых сепараторов / М.В. Слипченко // Механізація сільськогосподарського виробництва: Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. – Харків: ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2010. – Вип. 93, Т.1.– С. 214-222.
4. Тищенко Л.Н. Динамика виброцентробежной зерноочистки / Л.Н. Тищенко, В.П. Ольшанский, С.В. Ольшанский, Ф.М. Харченко, М.В. Слипченко. – Харьков: Міськдрук, 2013. – 440 с.
5. Кайзер Ф.И. Разрядный метод определения поля скоростей в

- гидрозвуковых потоках / Ф.И. Кайзер //Ракетная техника и космонавтика. – 1964. – №2 (русский перевод).– С. 216–217.
6. Witte A.B. Laser holographic interferometry study of high-speed flowfields / A.B. Witte, R.F. Wuerker // AIAA J. – 1970. – No 3. – P. 38–46.
  7. Денисенко А.Г. Исследование инерционных пылеотделителей двигателей внутреннего сгорания в стационарном и пульсирующем потоках: дис. ... канд. техн. наук. – Харьков: ХИМЭСХ, 1969. – 169с.
  8. Повх И.Л. Аэродинамический эксперимент в машиностроении / И.Л. Повх. – [изд. 3-е доп. и исправл.]. – Л.: Машиностроение (ленингр. отделение), 1974. – 480 с.
  9. Selig M.S. Wind Tunnel Testing Airfoils at Low Reynolds Numbers / M.S. Selig, R.W. Deters, G.A. Williamson. // 49th AIAA Aerospace Sciences Meeting, AIAA Paper 2011-875, Orlando, FL, 4-7 January 2011. – 2011. – P. 1-32.
  10. Микроманометры жидкостные компенсационные с микрометрическим винтом типа МКВ-250. Методы и средства поверки: ГОСТ 8.302-78. – [срок действия с 1979-07-01] М.: Издательство стандартов, 1983. – 10 с.
  11. Ярош Я.Д. Підвищення ефективності пиловловлювання батарейних циклонів за рахунок застосування елементів з жалюзійними решітками: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.17.08 / Я.Д. Ярош. – Львів: Національний університет „Львівська політехніка”, 2003. –21 с.

## Аннотация

### **К ОБОСНОВАНИЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ОЧИСТКИ ЗЕРНОВОЙ СМЕСИ ОТ ЛЕГКИХ ПРИМЕСЕЙ**

Слипченко М.В.

*Использование секционной лабораторной установки из оргстекла позволило провести опыты по эффективности выделения легких примесей пневмосепарирующим устройством виброцентробежных зерновых сепараторов. В результате опытов получили четкую картинку визуализации потоков зерновой смеси и воздушного потока. Установлены траектории их движения.*

## Abstract

### **TO JUSTIFICATION FOR USING THE LABORATORY-SCALE UNIT FOR EXPERIMENTAL RESEARCHING OF THE GRAIN MIXTURE CLEANING FROM LIGHT IMPURITIES**

M. Slipchenko

*Using a laboratory-scale sectional unit from plexiglas allowed to carry out experiments on the efficiency of extraction of light impurities pneumoseparating device vibrocentrifugal grain separators. In the results of experiments obtained a clear image visualization streams grain mixture and air flow. It's trajectories has established.*

## ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ АГРОПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА

Алієв Е.Б., к.т.н., Лабатюк Ю.М., к.т.н.

*Інститут олійних культур Національної академії аграрних наук України*

*Приведені результати чисельного моделювання в програмному пакеті Star CSM+ механіко-технологічних процесів агропромислового виробництва, таких як змішування компонентів змішувачем-кормороздавачем потокового типу, внесення солом'яної підстилки роторним розкидачем при безприв'язному утриманні корів, формування псевдорозрідженого шару насіння в забірній камері гідропневматичного висівного апарата, переміщення насінневого матеріалу олійних культур під дією повітряного потоку. Приведені результати свідчать про широку сферу застосування чисельного моделювання при теоретичних дослідженнях механіко-технологічних процесів агропромислового виробництва.*

**Постановка проблеми та її актуальність.** В Україні сучасні теоретичні дослідження механіко-технологічних процесів агропромислового виробництва зводяться до аналітичних методів, що призводить до складання складних систем диференціальних рівняння із граничними і початковими умовами. Дані системи практично не вирішуються традиційними способами, тому виникає необхідність у їх чисельному рішенні з використанням комп'ютерного моделювання.

**Аналіз результатів останніх досліджень та публікацій.** Серед сучасних методів комп'ютерного моделювання механіко-технологічних процесів агропромислового виробництва особливий інтерес представляють методи, що базуються на концепції дискретного представлення речовини – метод динаміки частинок і метод дискретних елементів. Метод динаміки частинок полягає у представленні середовища у вигляді сукупності взаємодіючих частинок – матеріальних точок або твердих тіл. Їх рух описується рівняннями класичної механіки. При моделюванні руху частинок за допомогою методу динаміки частинок на кожному кроці ітераційними методами вирішується задача Коші – інтегруються диференціальні рівняння при заданих початкових умовах. Найбільш відомі програми, для розрахунків за допомогою методу динаміки частинок – AMBER, CHARMM, GROMACS, GROMOS, NAMD. Метод дискретних елементів може розглядатися як узагальнення методу кінцевих елементів. При моделюванні процесу цим методом задаються початкові положення і швидкості частинок. Потім, виходячи з цих початкових даних заданих фізичних законів взаємодії частинок, обчислюються сили, що діють на кожну частинку. При цьому можна враховувати самі різні закони взаємодії; достатньо, щоб для їх опису існували розв'язні рівняння. Для кожної частки обчислюється результуюча сила і також вирішується задача Коші на вибраному відрізку часу. У результаті виходять початкові дані для наступного кроку.



Найбільш відомі наступні програми, що реалізують метод дискретних елементів: Chute Maven (Hustrulid Technologies Inc.), PFC2D і PFC3D, EDEM (DEM Solutions Ltd.), GROMOS 96, ELFEN, MIMES, PASSAGE, Star CCM+.

**Мета досліджень.** Провести чисельне моделювання деяких механіко-технологічних процесів агропромислового виробництва в програмному пакеті Star CCM+.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** При моделюванні процесу методом кінцевих елементів в програмному пакеті Star CCM+ задаються початкові положення, швидкості насінин і повітряного потоку. Потім, виходячи з цих початкових даних заданих фізичних законів контактної взаємодії, обчислюються сили, що діють на кожен насінини в кожній інтервал часу. Для кожної насінини обчислюється результуюча сила і також вирішується задача Коші на вибраному відрізку часу, результатом якої є початкові дані для наступного кроку. В якості фізичних моделей для чисельного моделювання були обрані наступні: k-ε-модель турбулентності розділеної течії, поле сили тяжіння, модель реального газу Ван-дер-Ваальса, модель рідини, що не стискається, модель дискретних елементів, модель багатофазної взаємодії. Метод дискретних елементів базується на законах збереження імпульсу і моменту імпульсу для Лагранжевих моделей багатофазного середовища.

Для демонстрації результатів чисельного моделювання в програмному пакеті Star CCM+ розглянемо деякі механіко-технологічні процеси агропромислового виробництва.

1. Теоретично досліджено процес роботи змішувача-кормороздавача потокового типу та розроблені математичні моделі впливу конструктивно-технологічних та режимних параметрів на якісні показники його роботи [1-2]. Побудову фізико-математичної моделі процесу потокового змішування кормосумішей, який покладено в основу мобільного змішувача-кормороздавача виконано з використанням пакету програмного забезпечення Star CCM+ (рис. 1). Отримана фізико-математична модель процесу потокового змішування кормосумішей дозволяє визначити конструктивно-технологічні параметри мобільного змішувача-кормороздавача в залежності від раціону і фізико-механічних властивостей компонентів кормосуміші при оптимальних якісних, кількісних та енергетичних показниках процесу змішування.

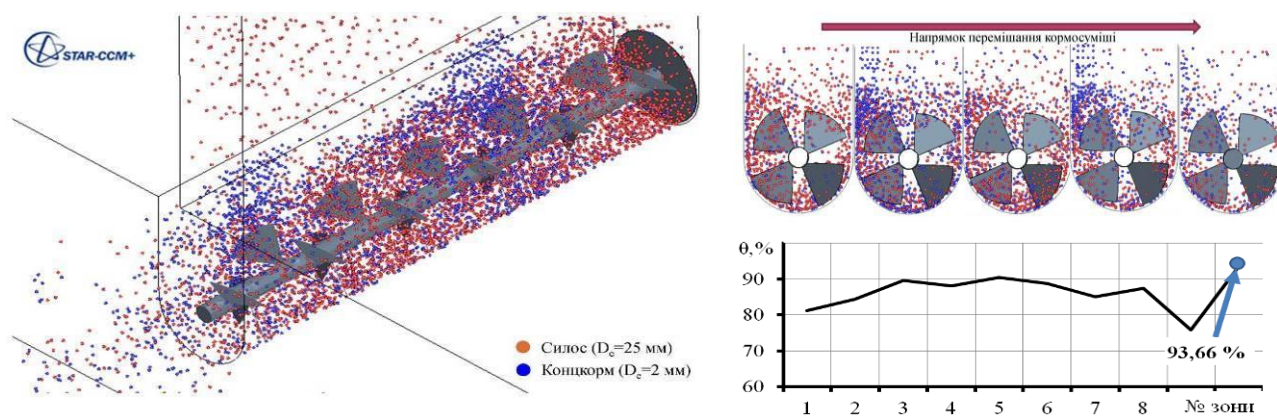


Рис. 1 – Візуалізація процесу потокового змішування кормосумішей мобільним змішувачем-кормороздавачем і динаміка зміни її однорідності



2. Теоретичне обґрунтування конструктивно-технологічної схеми робочих органів роторного розкидача солом'яної підстилки при безприв'язному утриманні корів [3]. В якості об'єктів досліджень було обрано наявність або відсутність ущільнюючої і направляючої пластин. За критерії оцінки обрано дальність польоту частинок соломи і коефіцієнт варіації їх рівномірного розподілу по довжині боксу. Результати чисельного моделювання приведені на рисунку 2.

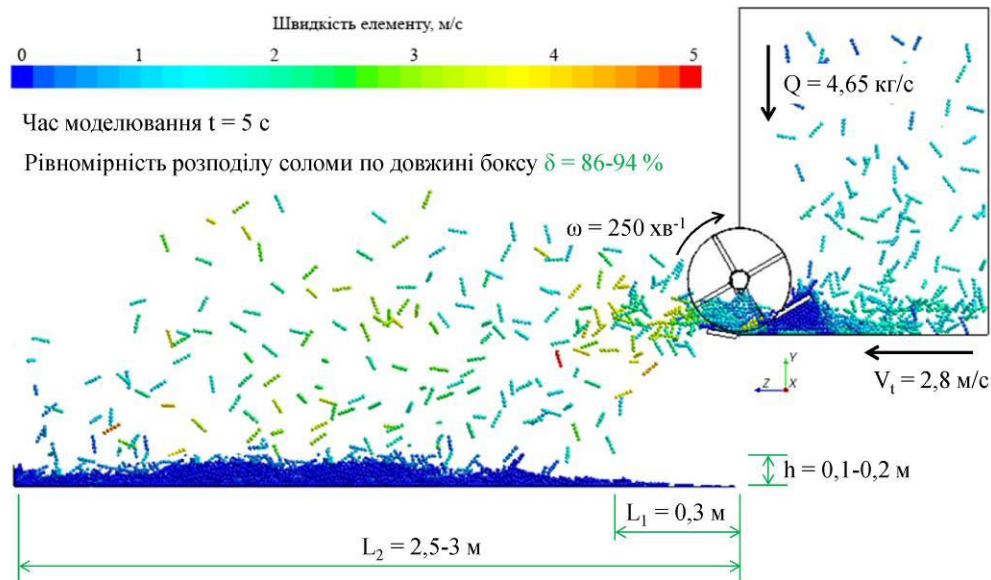


Рис. 2 – Візуалізація процесу внесення солом'яної підстилки розкидачем із ущільнюючою і направляючою пластинами

3. Розроблена фізико-математична модель процесу формування псевдорозрідженого шару насіння в забірній камері гідропневматичного висівного апарата [4-5]. В результаті були отримані графічні інтерпретації динаміки розподілу насіння в об'ємі забірної камери, які представлені на рис. 3.

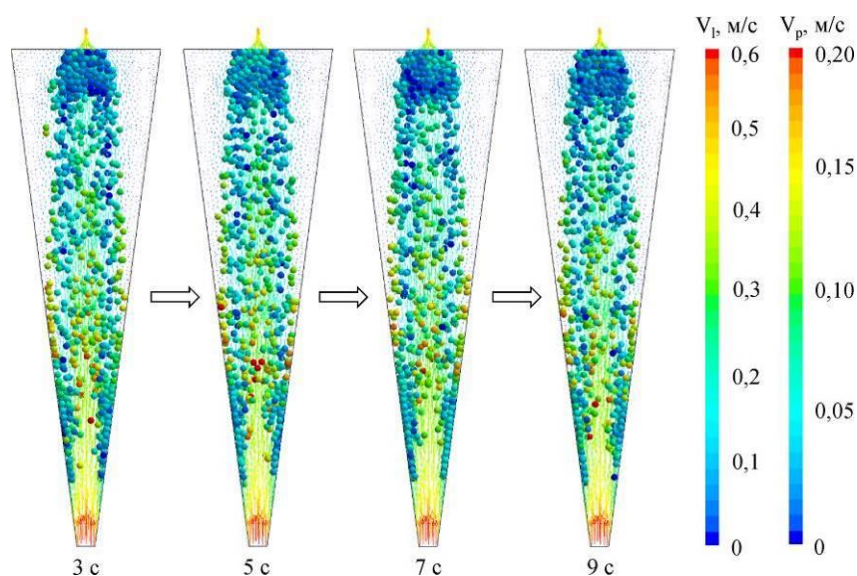


Рис. 3 – Візуалізація динаміки розподілу насіння в об'ємі забірної камери гідропневматичного висівного апарата

4. В результаті теоретичних досліджень розроблена фізико-математична модель процесу переміщення насіннєвого матеріалу олійних культур під дією повітряного потоку та отримано візуалізацію представленого технологічного процесу, яка приведена на рисунку 5.

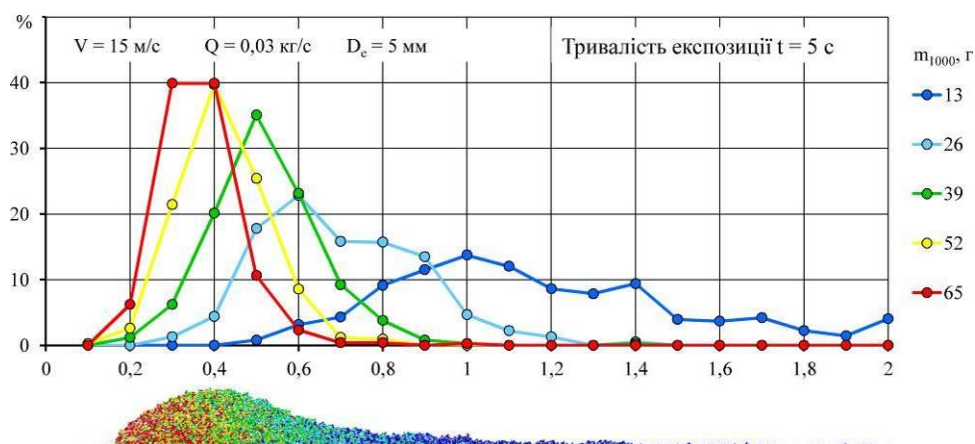


Рис. 4 – Візуалізація розподілу фракцій насіння по довжині області, що утворився під впливом повітряного потоку

**Висновки.** Приведені результати чисельного моделювання в програмному пакеті Star CCM+ механіко-технологічних процесів агропромислового виробництва, таких як змішування компонентів змішувачем-кормороздавачем потокового типу, внесення солом'яної підстилки роторним розкидачем при безприв'язному утриманні корів, формування псевдорозрідженого шару насіння в забірній камері гідропневматичного висівного апарата, переміщення насіннєвого матеріалу олійних культур під дією повітряного потоку. Приведені результати свідчать про широку сферу застосування чисельного моделювання при теоретичних дослідженнях механіко-технологічних процесів агропромислового виробництва.

### Список використаних джерел

1. Шевченко І.А. Моделювання процесу потокового змішування кормосумішей з використанням методу дискретних елементів / І.А. Шевченко, Е.Б. Алієв, С.О. Доруда // Механізація та електрифікація сільського господарства – Глеваха, 2013. – Вип. 97. Том 1. – С. 536-544.
2. Шевченко І.А. Моделювання процесу потокового змішування кормосумішей з використанням методу дискретних елементів / І.А. Шевченко, Е.Б. Алієв, С.О. Доруда // Механізація та електрифікація сільського господарства – Глеваха, 2013. – Вип. 97. Том 1. – С. 536-544.
3. Луц С.М. Обоснование конструктивно-технологической схемы универсальной машины для внесения соломенной подстилки на основе численного моделирования / С.М. Луц, Э.Б. Алиев // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-техн. конф.: в 3 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2014. – Т.3. – С. 137-141.

4. Бойко В.Б. Дослідження процесу зарядження насінини в насіннепровід гідропневматичного висівного апарата / В.Б. Бойко, Е.Б. Алієв // Збірник тез Міжнародної наукової інтернет-конференції «Перспективи та стратегія адаптивного і ресурсозберігаючого вирощування олійних культур в умовах зміни клімату» (30 жовтня 2015 р.). – Запоріжжя: ІОК НААН, 2015. – С. 148-149.
5. Бойко В.Б. Теоретичні дослідження руху рідини в ємності гідропневматичного висівного апарата / В.Б. Бойко, Е.Б. Алієв // Інженерія природокористування – 2015 – №2(4) – с. 78-84.

#### **Аннотация**

### **ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕССОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Алиев Э.Б., Лабатюк Ю.М.

*Приведены результаты численного моделирования в программном пакете Star CCM+ механико-технологических процессов агропромышленного производства, таких как смешивание компонентов смесителем-кормораздатчиком потокового типа, внесение соломенной подстилки роторным разбрасывателем при беспривязном содержании коров, формирование псевдосниженного слоя семян в заборной камере гидронеуматического высевяющего аппарата, перемещения семенного материала масличных культур под действием воздушного потока. Приведённые результаты свидетельствуют о широкой сфере применения численного моделирования при теоретических исследованиях механико-технологических процессов агропромышленного производства.*

*Ключевые слова: численное моделирование, процесс, механика, производство, метод, теоретические исследования.*

#### **Abstract**

### **NUMERICAL SIMULATION OF MECHANICS AND TECHNOLOGICAL PROCESSES OF AGRICULTURAL PRODUCTION**

E. Aliyev, Y. Labatyuk

*The results of numerical simulation software Star CCM + package mechanics and processes of agricultural production, such as the mixing of the components mixer wagon streaming type, making litter rotary spreader with loose housing cows, forming fluidized seed layer in the suction chamber hydropneumatic sowing apparatus, movement of seed oilseeds under the action of air stream. The given results indicate the general scope of numerical modeling in theoretical studies of mechanics and processes of agricultural production.*

*Keywords: numerical modeling, process, mechanical, manufacturing, method, theoretical studies.*

## MATHEMATICAL MODELLING OF TRANSITION OF NOZZLES FOR LIQUID SPRAYER AND GENERATION OF MICROCLIMATE IN THE PREMISES OF GREENHOUSES INTO VARIOUS POSSIBLE CONDITIONS

**A. Boiko, Associate Professor of Technical Sciences, Professor**  
*National University of Bioresources and Nature Use of Ukraine*

**V. Savchenko, Candidate of Technical Science, Associate Professor**  
*Zhytomyr National Agrarian and Ecological University*

**V. Krot, Post-Graduate student**  
*Zhytomyr National Agrarian and Ecological University*

*The article describes the charts of conditions and mathematical modeling of transitions of nozzles of automated control systems for temperature and humidity parameters of air in the area of cultivation of plants under protected ground into various possible conditions. The system is designed to create the desired indoor climate in industrial greenhouses. The task of the paper is marked chart of events, describing the processes of transition of nozzles from working to non-working condition with consideration of the light intensity of the flow by different reasons and in accordance with mathematical modeling of transitions of nozzles in various possible conditions. The analysis of nozzles transition from working to non-working condition, for various reasons and inverse conversion after recovery is a prerequisite for making a marked-appropriate chart describing these processes considering the intensity of their occurrence. A marked chart for nozzles as a technical system that can be in a good condition and failures of two conditions for reasons of failure of the filter or valve. It proved that the nozzle for spraying fluid and creation of the necessary microclimate in greenhouses room has a usable condition and two types of failures: blocking filter and failure of the valve. The behavior of the nozzle as a technical system that shall be a subject to restoration can be described chart marked with four stages of determining probabilities underlying the establishment of major indexes of reliability. The prospect of further research is to determine the function of the nozzle readiness for operation and installation of average operating time to failure nozzle and average recovery time filter and valve.*

*Key words: system of increased humidity and lowering temperature, nozzle, technical system, condition of system, chart of conditions, failure, restoration, transitions, mathematical modelling.*

**Introduction.** This nozzles for spraying liquid under 70 Bar pressure, which the intergral part of an automatic system for controlling humidity and temperature parameters of air in the area of plants cultivation under the terms of protected soil. The system is designed to produce a necessary microclimate in the premises of industrial greenhouses.

**Analysis of recent sources of research and publications.** Work [1] describes the problems of ensuring the reliability of process equipment during the growth of production in agriculture protected ground Ukraine. Work [2] describes the the model of the use of nozzle for liquid sprayer and generation of microclimate in the premises of greenhouses. Work [3] based on the researching indexes of reliability of systems of microclimate control onto productivity of products of protected soil. The [4] was describes charts of conditions and mathematical modelling of transition of nozzles into various possible conditions.

**Setting task.** The task of work is creating a marked chart of events describing the processes of transition of nozzles from working into non-working condition in the view of intensity of the flow for different reasons and in accordance with mathematical modeling of transition of nozzles into different possible conditions.

**Main material and results.** Solving the resulting system of equations consistent with the objective of this study to identify probabilities of the nozzle, as a complex technical system, and a specified probability of establishing reliability indices and their change in the increase in working hours, i.e. of performance and reliability features [4].

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dP_0(t)}{dt} = -\lambda_{01} \cdot P_0(t) + \mu_{10} \cdot P_1(t) + \mu_{20} \cdot P_2(t) - \lambda'_{02} \cdot P_0(t); \\ \frac{dP_1(t)}{dt} = \lambda_{01} \cdot P_0(t) - \mu_{10} \cdot P_1(t); \\ P_0(t) + P_1(t) + P_2(t) + P_2(t) = 1; \\ \frac{dP_2(t)}{dt} = \lambda_{2,2} \cdot P_2(t) - \mu_{20} \cdot P_2(t). \end{array} \right. \quad (1)$$

Solving system (3) in the present form has certain mathematical difficulties. To simplify the task, we apply Laplace transformations. Moving from the original images  $P(t) \rightarrow \varphi(S)$  we shall write:

$$\left\{ \begin{array}{l} -1 + S\varphi_0(S) = -\lambda_{01} \cdot \varphi_0(S) + \mu_{10} \cdot \varphi_1(S) + \mu_{20} \cdot \varphi_2(S) - \lambda_{02} \cdot \varphi_0(S); \\ S \cdot \varphi_1(S) = \lambda_{01} \cdot \varphi_0(S) - \mu_{10} \cdot \varphi_1(S); \\ \varphi_0(S) + \varphi_1(S) + \varphi_2(S) + \varphi_2(S) = \frac{1}{S}; \\ S \cdot \varphi_2(S) = \lambda_{2,2} \cdot \varphi_2(S) - \mu_{20} \cdot \varphi_2(S). \end{array} \right. \quad (2)$$

Therefrom, simplified and grouping the parts of equations we shall have:

$$\left\{ \begin{array}{l} (S + \lambda_{01} + \lambda_{02}) \varphi_0(S) - \mu_{10} \cdot \varphi_1(S) - \mu_{20} \cdot \varphi_2(S) = 1; \\ -\lambda_{01} \cdot \varphi_0(S) + (S + \mu_{10}) \cdot \varphi_1(S) = 0; \\ S \cdot \varphi_0(S) + S \cdot \varphi_1(S) + S \cdot \varphi_2(S) + S \cdot \varphi_2(S) = 1; \\ -\lambda_{2,2} \cdot \varphi_2(S) + (S + \mu_{20}) \cdot \varphi_2(S). \end{array} \right. \quad (3)$$

The last determinant of equation system that describes conditions and transmissions of a nozzle to various possible conditions shall be represented in the following way:

$$\begin{array}{c|c|c|c|c}
\varphi_0(S) & \varphi_1(S) & \varphi_2(S) & \varphi_2(S) & \\
\hline
S + \lambda_{01} + \lambda_{02} & -\mu_{10} & 0 & -\mu_{20} & 1 \\
-\lambda_{01} & S + \mu_{10} & 0 & 0 & 0 \\
S & S & S & S & 1 \\
0 & 0 & -\lambda_{2'2} & S + \mu_{20} & 0
\end{array} \quad (4)$$

The right column is a column of free parts, the other complex main matrix necessary for the following calculations.

$$\Delta = \begin{vmatrix} S + \lambda_{01} + \lambda_{02} & -\mu_{10} & 0 & -\mu_{20} \\ -\lambda_{01} & S + \mu_{10} & 0 & 0 \\ S & S & S & S \\ 0 & 0 & -\lambda_{2'2} & S + \mu_{20} \end{vmatrix} \quad (5)$$

Mathematical operations with matrix are simplified while lowering its rank. To conduct this expansion relative to the first element of the first column. Then we can write:

$$\begin{aligned}
\Delta &= (S + \lambda_{01} + \lambda_{02}) \cdot (-1)^{1+1} \underbrace{\begin{vmatrix} S + \mu_{10} & 0 & 0 \\ S & S & S \\ 0 & -\lambda_{2'2} & S + \mu_{20} \end{vmatrix}}_{\Delta_a} + \\
&+ (-\mu_{10}) \cdot (-1)^{1+2} \underbrace{\begin{vmatrix} -\lambda_{01} & 0 & 0 \\ S & S & S \\ 0 & -\lambda_{2'2} & S + \mu_{20} \end{vmatrix}}_{\Delta_b} + (-\mu_{20}) \cdot (-1)^{1+4} \underbrace{\begin{vmatrix} -\lambda_{01} & S + \mu_{10} & 0 \\ S & S & S \\ 0 & 0 & -\lambda_{2'2} \end{vmatrix}}_{\Delta_c}
\end{aligned} \quad (6)$$

A simplified record shall be presented in the following way:

$$\Delta = (S + \lambda_{01} + \lambda_{02}) \cdot \Delta_a + \mu_{10} \Delta_b + \mu_{20} \Delta_c \quad (7)$$

The task of further algebraic transformations is leading to solving lower matrixes  $\Delta_a$ ,  $\Delta_b$ ,  $\Delta_c$ . To solve them we shall apply the rule of Sarrus. Then:

$$\begin{aligned}
\Delta_a &= \begin{vmatrix} S + \mu_{10} & 0 & 0 \\ S & S & S \\ 0 & -\lambda_{2'2} & S + \mu_{20} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} S + \mu_{10} & 0 \\ S & S \\ 0 & -\lambda_{2'2} \end{vmatrix} = \\
&= (S + \mu_{10}) \cdot S \cdot (S + \mu_{20}) - (-\lambda_{2'2}) \cdot S \cdot (S + \mu_{10}) = \\
&= S(S + \mu_{10}) \cdot (S + \mu_{20}) + S \cdot \lambda_{2'2} (S + \mu_{10}) = \\
&= S^3 + S^2 \mu_{20} + S^2 \mu_{10} + S \mu_{10} \cdot \mu_{20} + S^2 \lambda_{2'2} + S \lambda_{2'2} \cdot \mu_{10} = \\
&= S^3 + S^2 (\mu_{20} + \mu_{10} + \lambda_{2'2}) + S (\mu_{10} \cdot \mu_{20} + \lambda_{2'2} \cdot \mu_{10}).
\end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned}
\Delta_{\delta} &= \begin{vmatrix} -\lambda_{01} & 0 & 0 \\ S & S & S \\ 0 & -\lambda_{2,2} & S + \mu_{20} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} -\lambda_{01} & 0 \\ S & S \\ 0 & -\lambda_{2,2} \end{vmatrix} = \\
&= (-\lambda_{01}) \cdot S \cdot (S + \mu_{20}) - (-\lambda_{2,2}) \cdot S \cdot (-\lambda_{01}) = \\
&= -\lambda_{01} (S^2 + S\mu_{20}) - \lambda_{2,2} \cdot \lambda_{01} S = \\
&= -S^2 \lambda_{01} - S \lambda_{01} \cdot \mu_{20} - \lambda_{2,2} \cdot \lambda_{01} S = \\
&= -S^2 \lambda_{01} - S (\lambda_{01} \mu_{20} + \lambda_{2,2} \lambda_{01}).
\end{aligned} \tag{9}$$

$$\begin{aligned}
\Delta_{\epsilon} &= \begin{vmatrix} -\lambda_{01} & S + \mu_{20} & 0 \\ S & S & S \\ 0 & 0 & -\lambda_{2,2} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} -\lambda_{01} & S + \mu_{20} \\ S & S \\ 0 & 0 \end{vmatrix} = \\
&= (-\lambda_{01}) \cdot S \cdot (-\lambda_{2,2}) - (-\lambda_{2,2}) \cdot S \cdot (S + \mu_{10}) = \\
&= \lambda_{01} \cdot \lambda_{2,2} S + \lambda_{2,2} S^2 + \lambda_{2,2} \cdot S \cdot \mu_{10} = S^2 \lambda_{2,2} + S (\lambda_{01} \lambda_{2,2} + \lambda_{2,2} \mu_{10}).
\end{aligned} \tag{10}$$

By substituting the determined values of matrixes  $\Delta_a$ ,  $\Delta_{\delta}$ ,  $\Delta_{\epsilon}$  to equations (9).

$$\begin{aligned}
\Delta &= (S + \lambda_{01} + \lambda_{02'}) \cdot S^3 + (S + \lambda_{01} + \lambda_{02'}) (\mu_{20} + \mu_{10} + \lambda_{2,2}) S^2 + \\
&+ (S + \lambda_{01} + \lambda_{02'}) (\mu_{10} \cdot \mu_{20} + \lambda_{2,2} \cdot \mu_{10}) S - \mu_{10} \lambda_{01} S^2 - \mu_{10} (\lambda_{01} \mu_{20} + \lambda_{2,2} \lambda_{01}) S + \\
&+ \mu_{20} \lambda_{2,2} S^2 + \mu_{20} (\lambda_{01} \lambda_{2,2} + \lambda_{2,2} \mu_{10}) S.
\end{aligned}$$

Then we detail the components by degrees of unknown  $S$ :

$$\begin{aligned}
\Delta &= S^4 + \lambda_{01} S^3 + \lambda_{02'} S^3 + S^3 \mu_{20} + S^3 \mu_{10} + S^3 \lambda_{2,2} + \lambda_{01} \mu_{20} S^2 + \\
&+ \lambda_{01} \mu_{10} S^2 + \lambda_{01} \lambda_{2,2} S^2 + \lambda_{02'} \mu_{20} S^2 + \lambda_{02'} \mu_{20} S^2 + \lambda_{02'} \lambda_{2,2} S^2 + \\
&+ S^2 \mu_{10} \mu_{20} + S^2 \lambda_{2,2} \mu_{10} + \lambda_{01} \mu_{10} \mu_{20} S + \lambda_{01} \lambda_{2,2} \mu_{10} S + \\
&+ \lambda_{02'} \mu_{10} \mu_{20} S + \lambda_{02'} \lambda_{2,2} \mu_{10} S - \mu_{10} \lambda_{01} S^2 - \mu_{10} (\lambda_{01} \mu_{20} + \lambda_{2,2} \lambda_{01}) S + \\
&+ \mu_{20} \lambda_{2,2} S^2 + \mu_{20} (\lambda_{01} \lambda_{2,2} + \lambda_{2,2} \mu_{10}) S.
\end{aligned}$$

We reduce the components in degree  $S$ :

$$\begin{aligned}
\Delta &= S^4 + (\lambda_{01} + \lambda_{02'} + \mu_{20} + \mu_{10} + \lambda_{2,2}) S^3 + \\
&+ (\lambda_{01} \mu_{20} + \lambda_{01} \lambda_{2,2} + \mu_{10} \mu_{20} + \lambda_{2,2} \mu_{10} + \mu_{20} \lambda_{2,2}) S^2 + \\
&+ (\lambda_{02'} \mu_{10} \mu_{20} + \lambda_{02'} \lambda_{2,2} \mu_{10} + \mu_{20} \lambda_{01} \lambda_{2,2} + \mu_{20} \lambda_{2,2} \mu_{10}) S.
\end{aligned} \tag{11}$$

Thus, the basic matrix system of equations describing the behavior of the technical system in the life cycle of work and nozzle restores is determined and presented by its  $\lambda$ ,  $\mu$  - characteristics.

Conclusions.

1. The nozzle for spraying fluid and creation of the necessary microclimate in greenhouses facilities has a working condition and two types of failures: clogging filter and failure of safety valve.

2. The behavior of nozzle as a restorable technical system can be described on marked chart with four stages of determining probabilities underlying the establishment of a major reliability indices.

## References

1. Бойко А.І. Проблеми забезпечення надійності технологічного обладнання при вирощуванні продукції захищеного ґрунту в апк України / Бойко А.І., В. М. Савченко, В. В. Крот // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. – 2016. – № 6. – С. 200-2003.
2. Бойко А.І. Основні несправності форсунок систем автоматизованого контролю вологісними та температурними параметрами повітря в приміщеннях теплиць / Бойко А.І., В. М. Савченко, В. В. Крот // Крамаровські читання : зб. тез доп. IV міжнар. наук.-техн. конф., 16-17 лют. 2017. – К. : НУБіП, 2017. – С. 61–64.
3. Savchenko V. Researching indexes of reliability of systems of microclimate control onto productivity of products of protected soil/ V.Savchenko, S. Minenko, V. Krot // Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільсько-господарських машин, вип. 46. – Кіровоград: КНТУ, 2016. – С. 105–108.
4. Boiko A.I. Charts of conditions and mathematical modelling of transition of nozzles into various possible conditions/A.Boiko, V.Savchenko, V. Krot// Вісн. ХНТУСГ ім. Василенка – 2017 – Вип. 169

## Анотація

### **МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРЕХОДІВ В РІЗНІ МОЖЛИВІ СТАНИ ФОРСУНКИ ДЛЯ РОЗПИЛЮВАННЯ РІДИНИ І СТВОРЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ В ПРИМІЩЕННІ ТЕПЛИЦЬ**

Бойко А.І., Савченко В.М., Крот В.В.

*В статті відображено на основі графів станів математичне моделювання переходів форсунок автоматизованої системи контролю вологісними та температурним параметрами повітря в зоні культивації рослин в умовах захищеного ґрунту в різні можливі стани. Система призначена для створення необхідного мікроклімату в приміщенні промислових теплиць. Завданням роботи є побудова на основі розміченого графу подій, що описує процеси переходу форсунки з роботоздатного в нероботоздатний стан з урахуванням інтенсивності їх протікання за різними причинами відповідного математичного моделювання переходів форсунки в різні можливі стани. Аналіз переходу форсунки з робочого в неробочий стан, за різними причинами і зворотних переходів після відновлення є передумовою побудови відповідного розміченого графу, що описує ці процеси з урахуванням інтенсивності їх протікання. Розмічений граф для форсунки, як технічної системи, що може знаходитись в одному справному стані і двох станах відмов за причинами виходу з ладу фільтра або клапана. Доведено, що форсунка для розпилювання рідини і*



*створення необхідного мікроклімату в приміщенні теплиць має один працездатний стан і два вида відмов: забивання фільтра і неспрацювання запірного клапана. Поведінка форсунки, як технічної системи, що підлягає відновленню, може бути описана розміченим графом з чотирма етапами визначення ймовірностей, які лежать в основі встановлення в головних показниках надійності. Перспективою подальших досліджень є визначення функції готовності форсунки до експлуатації та встановлення середнього наробітку до відмови форсунки і середнього часу на відновлення фільтра і клапана.*

*Ключові слова: система підвищення вологості та зниження температури повітря, форсунка, теплиця, технічна система, стан системи, граф станів, відмова, відновлення, переходи, математичне моделювання.*

## **Аннотація**

### **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДА ВО ВСЕВОЗМОЖНЫЕ СОСТОЯНИЯ ФОРСУНКИ ДЛЯ РАСПЫЛЕНИЯ ЖИДКОСТЕЙ И СОЗДАНИЯ МИКРОКЛИМАТА В ПОМЕЩЕНИЯХ ТЕПЛИЦ**

Бойко А.И., Савченко В.М., Крот В.В.

*В статье отображено на основе графа состояний математическое моделирование переходов форсунок автоматизированной системы контроля влажностными и температурным параметрам воздуха в зоне культивации растений в условиях защищенного почву в различные состояния. Система предназначена для создания необходимого микроклимата в помещении промышленных теплиц. Задачей работы является построение на основе размеченного графа событий который описывает процессы перехода форсунки с работоспособного состояния в неработоспособное математической модели этого процесса. При этом производится учет интенсивности протекания процессов по разным причинам и в соответствии с математическим моделированием переходов форсунки в различные всевозможные состояния.*

*Ключевые слова: система повышения влажности и понижения температуры воздуха, форсунка, теплица, техническая система, состояние системы, граф состояний, отказ, восстановление, переходы, математическое моделирование.*

## ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ПРОЦЕСУ КОНДЕНСАЦІЇ ВОДЯНИХ ПАРІВ ВОЛОГОГО ПОВІТРЯ НА ТЕПЛОПОГЛИНАЛЬНІЙ ПОВЕРХНІ

Іванов О.М., к.т.н., доц.

Полтавська державна аграрна академія

*Окреслена задача пошук аналітичного способу дослідження процесу конденсації водяних парів вологого повітря на теплопоглинальній поверхні. Вирішення поставленої задачі пропонується здійснювати за допомогою використання функціональних залежностей, що описують конвективний процес теплообміну між теплопоглинальною поверхнею та повітрям, як теплоносієм, та детермінованих залежностей основних тепловологісних параметрів вологого повітря при різних волого-температурних станах. Описана послідовність протікання процесу конденсації водяних парів в два етапи: на першому відбувається доведення перегрітої водяної пари у вологому повітрі до стану насичення, шляхом відбору при незмінній вологомісткості теплової енергії, на другому – при абсорбції тепла від насичених водяних парів здійснюється відбір сконденсованої вологи на площину теплопоглинальної поверхні.*

*Розрахунок першого етапу запропоновано здійснювати як для ізобарного процесу, кількість поглинутої теплоти в якому визначається за різницею величин ентальпії для вихідної температури повітря та температури точки роси, що визначатиметься за експериментально-виведеною залежністю, що пов'язує поточну температуру вологого повітря та відносну вологість.*

*Опис другого етапу пропонується здійснюється у відповідності до закономірностей зміни тепловологісних параметрів повітря на кривій насичення. Теплотехнічний розрахунок проводиться з використанням формули зміни ентальпії для стану насичення водяних парів та функціональної залежності вологомісткості від парціального тиску водяної пари та барометричного тиску.*

*Опис процесу енергетичного взаємного обміну між теплопоглинальною поверхнею та повітрям проводиться з використанням основних положень процесу конвективного теплообміну та теорії подібності для теплових процесів з врахуванням фазового переходу води з газоподібного до рідкого стану.*

**Постановка проблеми.** Процес конденсації водяних парів вологого повітря має суттєве значення та застосування в технічній, теплоенергетичній, теплотехнічній та інших суспільно значимих галузях. Зокрема, даний процес є важливим та основоположним фактором при проектуванні, розробці та експлуатації систем кондиціонування та вентиляції для різних промислових об'єктів, торгівельних і житлових приміщень, керуванням яким дозволяє регулювати волого-температурний стан для досягнення комфортного та

технологічно доцільного мікроклімату. Також відбір водяних парів з вологого повітря використовується як метод та альтернативне джерело отримання прісної води в посушливих кліматичних місцевостях при застосуванні конденсаційних та опріснювальних установок. При цьому виникає потреба у здійсненні теплотехнічного розрахунку даних установок по визначенню необхідної холодопродуктивності, площ теплопоглинальних поверхонь та інших конструкторсько-функціональних параметрів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання проблеми.** Порядок вирішення поставленої задачі зводиться до розрахунку процесу конвективного теплообміну між повітрям, як теплоносієм, та теплопоглинальною поверхнею, на якій відбувається утворення конденсату. Процес виділення конденсату, як фазового переходу води з газоподібного до рідкого агрегатного стану, значним чином видозмінює характер протікання процесу тепловіддачі та має бути врахований при проведенні теплотехнічних розрахунків [1]. При цьому кількість абсорбованої теплової енергії від повітряного потоку, для досягнення потреби отримання необхідної кількості конденсату, буде перебувати в прямій залежності від початкового волого-температурного стану повітря.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується стаття.** Дослідження процесу конденсації водяних парів, здебільшого, проводять з використанням спеціальної діаграми властивостей вологого повітря, що представляє собою графічне поле в системі двох діваріантних координат – вологомісткість та ентальпія, на яке також нанесені криві відносної вологості, парціального тиску водяної пари та температури. Користування даною діаграмою, певним чином, затрудняє проведення аналітичних розрахунків із-за потреби повсякчасно відшукувати на ній графічним способом різні тепловологісні параметри. Тому, доцільно було навести альтернативний спосіб пошуку необхідних параметрів за діаграмою та встановити детермінований зв'язок між всіма складовими цієї діаграми.

**Мета публікації.** В якості мети наукового дослідження, що висвітлюється, було поставлено завдання привести послідовний алгоритм теплотехнічного розрахунку процесу конденсації водяних парів вологого повітря із залученням аналітичного способу визначення тепловологісних параметрів на кожному із проміжних етапів даного процесу.

**Основний матеріал.** Процес отримання конденсату з вологого повітря передбачає проведення кількох послідовних операцій: по-перше, переведення водяних парів зі перегрітого стану до стану насичення шляхом їхнього охолодження до температури, яка відповідає величині точки роси при даному тиску, вологості та температури вологого повітря; по-друге, поступова абсорбція на лінії насичення ( $\phi=100\%$ ) тепла з об'єму насичених водяних парів вологого повітря в кількості, обумовленою величиною теплоти пароутворення.

Величина температури точки роси з достатньо високою точністю ( $\pm 0,4^\circ\text{C}$ ) для певного тепловологісного стану повітря може бути знайдена з виразу [0]:

$$t_p = \frac{b \cdot f(t; \varphi)}{a - f(t; \varphi)}, \quad (1)$$

де  $a, b$  – поправочний коефіцієнт та температурна поправка, відповідно,  $a=17,27, b=237,7^\circ\text{C}$ ;  
 $f(t; \varphi)$  – безрозмірна функція;

$$f(t; \varphi) = \frac{a \cdot t}{b + t} + \ln \varphi, \quad (2)$$

де  $t$  – поточна температура атмосферного повітря,  $^\circ\text{C}$ ;  
 $\varphi$  – відносна вологість в об'ємних долях.

Величина відібраної теплової енергії від вологого повітря для його охолодження до температури, що відповідає точки роси, може буде обрахована аналітичним способом [0]:

$$\Delta i = q = 1,0048 \cdot (t - t_p) + 1,96 \cdot d \cdot (t - t_p), \text{ кДж/кг} \quad (3)$$

де  $t, t_p$  – поточна температура вологого повітря та температура точки роси,  $^\circ\text{C}$   
 $d$  – вологомiсткiсть вологого повітря, кг/кг.

Вологомiсткiсть вологого повітря при відомому барометричному тиску  $B$  та відносній вологості:

$$d = 0,622 \cdot \frac{\varphi \cdot p_n}{B - \varphi \cdot p_n}, \text{ кг/кг} \quad (4)$$

де  $p_n$  – тиск насичення водяної пари, Па;  
 $B$  – барометричний (атмосферний) тиск, Па;  
 $\varphi$  – відносна вологість.

Тиск насичення  $p_n$  в залежності від температури насичення  $t_n$  та атмосферного тиску може бути обрахований [0]:

$$p_n(B, t_n) = f(B) \cdot p'_n(t), \text{ Па} \quad (5)$$

де  $p'_n(t)$  – тиск насичення чистої фази водяного пара, Па;

$$p'_n(t) = 611,2 \cdot e^{\frac{17,62t}{243,12+t}}, \quad (6)$$

де  $t$  – температура,  $^\circ\text{C}$ ;  
 $f(B)$  – допомiжна функція;

$$f(B) = 1,0016 + 3,15 \cdot 10^{-8} \cdot B - 7,4 \cdot B^{-1}. \quad (7)$$

Також необхідна кількість відібраного тепла може бути розрахована за формулою теплоти як для ізобарного процесу охолодження [0]:

$$q = c_p \cdot (t - t_p), \text{ кДж/кг} \quad (8)$$

де  $c_p$  – середня ізобарна масова теплоємність атмосферного повітря в температурному інтервалі  $[t_p; t]$ , кДж/(кг·°С).

Подальший процес абсорбації тепла від вологого повітря супроводжується виділенням конденсату на поверхні теплопоглинальної поверхні та проходить по кривій насичення при  $\phi=1$ .

Так як процес конденсації водяних парів з вологого повітря відбувається у відповідності до характеру зміни кривої насичення, це дозволяє проводити аналітичні розрахунки по визначенню необхідної кількості теплової енергії для отримання певної кількості сконденсованої води та навпаки – обраховувати масу сконденсованої вологи при відводі певної кількості тепла.

Дані розрахунки проводяться на підставі відомих функціональних залежностей між основними тепловологістними параметрами вологого повітря: ентальпії та вологомісткості повітря та парціального тиску водяної пари.

Величина ентальпії вологого повітря в стані насичення може бути визначена:

$$i = 1,0048 \cdot t_n + (2500 + 1,96 \cdot t_n) \cdot d_n, \text{ кДж/кг} \quad (9)$$

де  $t_n$  – температура насичення, °С

$d_n$  – вологомісткість повітря в стані насичення, кг/кг.

Вологомісткість вологого повітря в стані насичення можна знайти за формулою (4) при показнику відносної вологості  $\phi=1$ :

$$d_n = 0,622 \cdot \frac{p_n}{B - p_n}, \text{ кг/кг} \quad (10)$$

де  $p_n$  – тиск насичення водяної пари, Па;

$B$  – барометричний (атмосферний) тиск, Па.

Насичені водяні пари можуть зріджуватися як за рахунок об'ємної конденсації, так і за рахунок поверхневої конденсації. При цьому головною та обов'язковою умовою перебігу даних процесів є зниження температури водяних парів нижче температури насичення (точки роси) в загальному повітряному об'ємі і в пограничному шарі біля теплопоглинальної поверхні. Іншою, не менш важливою, особливістю протікання процесу конденсації – це неминуче утворення на теплопоглинальній поверхні рідкої плівки (плівка конденсату), яка суттєвим чином впливає на процес теплообміну на межі розділу поверхня-пар. Утворена плівка конденсату внаслідок тепловіддачі з охолодженою поверхнею може бути до деякій степені переохолодженою та ініціювати додаткову конденсацію водяного пару на розмежуванні конденсат-пар.

Враховуючи вище приведені особливості протікання процесу конденсації водяного пару, конвективний теплообмін між теплопоглинальною поверхнею та вологим повітрям може бути описаний основними рівняннями та аналітичними виразами, які надають математичний опис процесу тепловіддачі при вимушеному/природному руху теплоносія в різних видах простору.

Питома величина теплового потоку, що буде абсорбовуватися одиницею теплопоглинальної площини, визначається за рівнянням Ньютона-Ріхмана:

$$q = \alpha \cdot (t_{нас} - t_{ст}), \text{ Вт/м}^2 \quad (11)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м<sup>2</sup>·°C);

$t_{нас}$  – температура насичення, °C;

$t_{ст}$  – температура стінки, °C.

Коефіцієнт тепловіддачі  $\alpha$ , відповідно до положень конвективного теплообміну, визначається за критеріальним числом Нусельта  $Nu$ :

$$Nu = \frac{\alpha \cdot X}{\lambda_{ен}}, \quad (12)$$

де  $\lambda_{ен}$  – коефіцієнт теплопровідності вологого повітря, Вт/(м·°C).

$X$  – характерний розмір поверхні теплообміну, м

При цьому визначення критерія Нусельта відбувається за критеріальним рівнянням, яке в повній мірі враховує вплив на процес тепловіддачі геометрії та положення в просторі теплопоглинальної площини, фізичних властивостей повітря, характеру та режиму руху повітря.

Так як процес конденсації водяних парів з вологого повітря відбувається з утворенням конденсаційної плівки на поверхні теплопоглинальної поверхні, то для врахування даної особливості протікання процесу в формулу (11) слід внести уточнюючий коефіцієнт  $\xi$ :

$$q = \xi \cdot \alpha \cdot (t_{нас} - t_{ст}), \quad (13)$$

Поправочний коефіцієнт  $\xi$ , який характеризує відношення повної кількості теплоти, відведеної від вологого повітря, до явної теплоти, що визначається за різницею сухого термометра, може бути визначений:

$$\xi = \frac{i_{ен}^{ex} - i_{ен}^{eux}}{c_{ен} \cdot (t_{ен}^{ex} - t_{ен}^{eux})} \quad (14)$$

де  $i_{ен}^{ex}, i_{ен}^{eux}$  – питомі ентальпії повітря на вході та виході з каналу, кДж/кг;

$c_{ен}$  – теплоємність вологого повітря в температурному інтервалі  $[t_{ен}^{ex}; t_{ен}^{eux}]$ , кДж/(кг·°C),

$$c_{ен} = 1,0048 + 1,96 \cdot d. \quad (15)$$

Внаслідок конвективного теплообміну між потоком вологого повітря, в якому водяні пари перебувають в стані насичення, та теплопоглинальною поверхнею відбувається утворення конденсату, який є результативним продуктом функціонування конденсаційної установки. При цьому кількість сконденсованої вологи є головним показником функціонування конденсаційної установки:

$$g = G \cdot (d_{ен}^{ex} - d_{ен}^{eux}), \text{ кг/с} \quad (16)$$

де  $G$  – масова витрата повітря через установку, кг/с.

**Висновки.** Таким чином, викладений теоретичний матеріал дає змогу описати та представити взаємозв'язок між основними параметрами процесу конденсації водяних парів вологого повітря на теплопоглинальній поверхні у вигляді відповідних функціональних залежностей. Крім того, приведені детерміновані залежності в повній мірі дозволяють використовувати аналітичний метод при визначенні ключових тепловологісних параметрів вологого повітря при різних варіаціях його волого-температурного стану та виключити необхідність використання для цієї мети і-d-діаграму вологого повітря.

### Список використаних джерел

1. Лариков Н.Н. Теплотехника: Учеб. для вузов [Текст] / Н.Н. Лариков. – М.: Стройиздат, 1985. – 432 с.
2. Точка росы / Википедия – свободная библиотека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Точка\\_росы](https://ru.wikipedia.org/wiki/Точка_росы).
3. Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation / The World Meteorological Organization [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.wmo.int/pages/prog/gcos/documents/gruanmanuals/CIMO/CIMO\\_Guide-7th\\_Edition-2008.pdf](https://www.wmo.int/pages/prog/gcos/documents/gruanmanuals/CIMO/CIMO_Guide-7th_Edition-2008.pdf).
4. Драганов Б.Х. Теплотехника: підручник [Текст] / [Б.Х. Драганов, О.С. Бессараб, А.А. Долінський та інші]. – Київ: ІНКООС, 2005. – 432 с.

### Аннотация

#### **ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРОЦЕССА КОНДЕНСАЦИИ ВОДЯНЫХ ПАРОВ ВЛАЖНОГО ВОЗДУХА НА ТЕПЛОПОГЛОЩАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ**

Иванов О.Н.

*Обозначена задача поиска аналитического способа исследования процесса конденсации водяных паров влажного воздуха на теплопоглощающей поверхности. Решение поставленной задачи предлагается находить с помощью использования функциональных зависимостей, описывающих конвективный процесс теплообмена между теплопоглощающей поверхностью и воздухом, как теплоносителем, и детерминированных зависимостей основных тепловлажностных параметров влажного воздуха при различных начальных влажно-температурных состояний. Описана последовательность протекания процесса конденсации водяных паров в два этапа: на первом доводят перегретые водяные пары во влажном воздухе до состояния насыщения, путем отбора при постоянном влагосодержании тепловой энергии, на втором - при абсорбции тепла от насыщенных водяных паров осуществляется отбор сконденсированной влаги на плоскость теплопоглощающей поверхности.*

*Расчет первого этапа предложено осуществлять как для изобарного процесса, количество поглощенной теплоты в котором определяется по разнице величин энтальпии для исходной температуры воздуха и температуры*

точки росы, которая будет определяться по экспериментально-выведенной зависимости, связывающей текущую температуру влажного воздуха и относительную влажность.

Описание второго этапа предлагается осуществляется в соответствии с закономерностями изменения тепловлажностных параметров воздуха на кривой насыщения. Теплотехнический расчет производится с использованием формулы изменения энтальпии для состояния насыщения водяных паров и функциональной зависимости влагосодержания от парциального давления водяного пара и барометрического давления.

Описание процесса энергетического обмена между теплопоглощающей поверхностью и воздухом проводится с использованием основных положений процесса конвективного теплообмена и теории подобия для тепловых процессов с учетом фазового перехода воды из газообразного в жидкое состояние.

## **Abstract**

### **THERMAL CALCULATION PROCESS OF CONDENSATION OF WATER VAPOR OF MOIST AIR ON THE SURFACE OF THE HEAT-ABSORBING**

O. Ivanov

*Designated the task of finding the analytical method for the study of the process of moist air condensation of water vapor on the heat-absorbing surface. The solution of this problem is offered by the use of finding functional relationships that describe the process of convective heat transfer between the heat-absorbing surface and the air as the coolant, and deterministic dependencies major heat and humidity of moist air parameters at different initial moisture temperature conditions. The described sequence of the process of condensation of water vapor in two stages: first adjusted overheated water vapor in humid air to the saturation state by the selection of heat at constant moisture content, the second - in the heat absorption of the saturated water vapor being selected condensed moisture on the plane of the heat-absorbing surface.*

*Calculation of the first stage proposed to implement for the isobaric process, the amount of heat absorbed in which is determined by the difference in enthalpy values for the initial air temperature and dew point temperature, which will be determined by experimentally-derived dependence linking the current humid air temperature and relative humidity.*

*Description of the second phase is proposed in accordance with the laws of the changes of heat and humidity of air parameters on the saturation curve. Thermal calculation is made using the formula enthalpy change for the state of saturation of water vapor and the functional dependence of the moisture content of water vapor partial pressure and barometric pressure.*

*Description of the process of energy exchange between the heat-absorbing surface and the air is carried out using the basic provisions of the convective heat transfer process and the similarity theory for thermal processes, taking into account the phase transition of water from a gaseous to a liquid state.*



## ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СЕМЯН ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР

Лукияненко В.М., к.т.н., доц., Галич И.В. ст. преп., Домашич К.И., студ.  
*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства  
имени Петра Василенко*

*Исходными данными при проектировании конструкций технических средств для обескрыливания семян лесных культур и их сепарации, а также обоснования технологических параметров и режимов работы таких машин являются физико-механические свойства семян. В статье представлен обзор исследований физико-механических свойств семян лесных культур, которые имеют крылатки.*

**Постановка проблемы.** Многие семена лесных культур, например, сосны, ели, лиственницы, клена и других, имеют крылатки. Наличие крылаток на семенах оказывает существенное влияние на качество выполнения посева и других механизированных операций. Поэтому, технология подготовки крылатых семян к посеву предусматривает операции их обескрыливания и сепарации.

Знание физико-механических свойств семян является необходимым как для настройки оптимальных параметров существующих машин для обескрыливания и сепарации семян лесных культур, так и для разработки новых более эффективных.

**Цель исследования.** Обзор исследований физико-механических свойств крылатых семян лесных культур.

**Основная часть.** В разное время изучением физико-механических свойств крылатых семян лесных культур занимались Л.П. Крутиков [1], А.С. Спиглазов [2], Т.Н. Войчаль [3], Ю.И. Полупарнев [4], П.В. Пономаренко [5], Свиридов Л.Т. [6], Голев А.Д. [7] и некоторые другие [8-11].

Большинство из перечисленных авторов изучали свойства обескрыленных семян, и лишь некоторые из них исследовали свойства семян с крылатками и примесей [4, 6, 11, 12].

В работах [9, 10] приводятся размерные характеристики семян сосны обыкновенной, ели обыкновенной и лиственницы.

По данным авторов этих работ длина семени сосны обыкновенной находится в пределах 3 - 5 мм, ширина 1,4 - 3,3 мм, толщина 1,0 - 2,2 мм, семена ели обыкновенной имеют размеры: длина 3,4 - 4,0 мм, ширина 1,4 - 2,4 мм, толщина 1,0 - 2,1 мм. У семян лиственницы длина варьируется от 3,5 до 6,3 мм, ширина от 2 до 4 мм, толщина от 1,2 до 2,0 мм.

В работах Ю.И. Полупарнева [12] и Л.Т. Свиридова [6] даются размерные характеристики семян с крылатками, что необходимо для проектирования обескрыливающих устройств. По результатам данных исследований сосна

обыкновенная имеет длину - 7,7 мм, ширину - 4,99 мм, толщину 1,66 мм, у ели обыкновенной – длина - 12,47 мм, ширина - 5,92 мм, толщина - 1,53 мм, у лиственницы сибирской – длина - 12,65 мм, ширина 5,24 мм, толщина - 1,86 мм.

В этих работах кроме размерных характеристик семян хвойных пород приводятся данные по ряду семян лиственных пород: клену остролистному, клену ясенелистному, клену татарскому, ясеню зеленому, ясеню обыкновенному, вязу обыкновенному.

В работе [6] приведены сравнительные значения массы 1000 штук семян. Автором отмечается, что чистые семена имеют более стабильные признаки, чем семена с крылатками.

В работах [6, 10, 12] приводятся данные по удельной массе семян сосны обыкновенной. Отмечается, что удельная масса семян сосны обыкновенной варьируется в значительных пределах (от 483 до 616 г/дм<sup>3</sup>) в зависимости от места их произрастания и климатических условий.

В ряде работ [6, 8, 12] содержатся сведения об углах естественного откоса и коэффициентах статического трения по различным поверхностям обескрыленных семян сосны обыкновенной.

В работе [7] изложены результаты исследований коэффициентов трения семян хвойных пород (сосны обыкновенной, ели обыкновенной, лиственницы сибирской) о две смежные поверхности.

Свиридов Л.Т. в работе [6] приводит данные о форме и состоянии поверхности семян сосны обыкновенной и клена остролистного. Также в работе приводятся данные и о других физико-механических свойствах этих семян. Так, объемная масса семян с крылатками составляет для сосны обыкновенной 123,2 г/дм<sup>3</sup>, клена остролистного - 98,56 г/дм<sup>3</sup>, семян без крылаток для сосны обыкновенной - 483,7 г/дм<sup>3</sup>, клена остролистного - 296,5 г/дм<sup>3</sup>. Удельная масса: семян с крылатками (сосны обыкновенной - 70 г/дм<sup>3</sup>, клена остролистного – 600 г/дм<sup>3</sup>), обескрыленных семян (сосны обыкновенной - 880 г/дм<sup>3</sup>, клена остролистного - 680 г/дм<sup>3</sup>).

Коэффициенты статического и динамического трения по различным поверхностям составили: для обескрыленных семян (по прорезиненной ткани - 0,94, 0,51; листовой стали - 0,42, 0,35; резине - 0,62, 0,4; древесине - 0,50, 0,99; стальной сетке - 0,83, 0,76). Для семян с крылатками эти показатели имеют такие значения: (по прорезиненной ткани - 1,01, 0,94; листовой стали - 0,53, 0,36; резине - 0,62, 0,45; древесине - 0,73, 0,60; стальной сетке - 1,03, 0,90).

Кроме размерных характеристик, угла естественного откоса, аэродинамических свойств семян в работе [6] изучались прочность крепления крылаток к семенам и их повреждение под воздействием внешних воздействий.

Данные по аэродинамическим свойствам обескрыленных семян сосны обыкновенной содержатся в работах В.Д. Замысловского [11], А.И. Баранова [13], А.К. Карабаки [10], а по аэродинамическим свойствам семян с крылатками в работах Л.Т. Свиридова [6] и Ю.И. Полупарнева [12].

**Выводы.** Проведенный анализ исследований физико-механических свойств семян показал, что вопрос достаточно обширно изучен, имеющиеся

данные позволяют корректировать ряд технологических и конструктивных параметров существующих обескряливающих и семяочистительных машин.

Однако, при проектировании процесса сепарирования семян лесных культур на мехатронной мультиплоскостной семяочистительной машине [14] данных результатов недостаточно. Кроме свойств семян, которые характеризуют шероховатость поверхности, для этого необходимо исследовать форму и упругость семян.

### Список использованной литературы

1. Крутиков Л.П. К вопросу о физико-механических свойствах семян саксаула // Тр. СреднеазНИИЛхоз. Ташкент, 1958. - Вып. 3. - С. 276-283.
2. Спиглазов А.С. Физико-механические свойства семян березы // Лесн. хоз-во, 1975. - №2. - С. 42-48.
3. Войчаль П.И. Физико-механические свойства семян хвойных пород // Сб. науч. тр.: Архангельский лесотех. ин-т.-Архангельск, 1940. - С. 18-23.
4. Полупарнев Ю.И. О перспективах применения обескряленных семян лиственных пород в посевных машинах // Машины и оборудование л/х. Воронеж. - №77. - С. 76-80.
5. Пономаренко П.В. Некоторые физико-механические свойства семян сосны обыкновенной, ели сибирской и лиственницы сибирской / П.В. Пономаренко, В.С. гтровский // Известия ВУЗов. - 1977. - № 1. - С.31-34.
6. Свиридов Л.Т. Технологические и механические свойства лесных семян. Воронеж: издат. ВГУ, 1993. - 140 с.
7. Голев А.Д. Обоснование технологических и конструктивных параметров сепаратора вальцового типа для вторичной очистки и сортирования семян хвойных пород: дис. ... канд. техн. наук. - Воронеж, 1997, - 296 с.
8. Соболева Т.М. Физико-механические свойства лесных семян как основа рационального технологического процесса из очистки и сортировки // Лесоинженерное дело. - М., 1958. - Вып. №1, - С.52-56.
9. Свиридов Л.Т. Влияние размерных и объемных показателей лесных семян на сыпучесть / Л.Т. Свиридов, Ю.Ю. Полупарнев, Д.К. Благоднаров // Сб. науч. тр. Интеграция фундаментальной науки в образование. - Воронеж. - 2001. - С. 304-312.
10. Карабаки А.К. Некоторые данные о физико-механических свойствах семян хвойных пород в связи с выбором наиболее рационального метода очистки и их сохранения // Сб. НИР по л/х: ЛенНИИЛ. - Л. -1963. - Вып. 6. - С. 318-328.
11. Замысловский В.Д. Исследование аэродинамических свойств семян деревьев и кустарниковых пород // Сб. науч. раб. по лесн. хоз-ву: ЛенНИИЛхоз. - Л., 1959. - Вып. 3. - С. 111-130.
12. Полупарнев Ю.И. Исследование физико-механические свойств мелких семян // Ю.И. Полупарнев, Л.Т. Свиридов, Г.В. Бахтин // Воронеж, лесотех. ин-т. - Воронеж, 1981. - 81 с.
13. Баранов А.И. Повышение эффективности работы машин для механической

обработки семян / А.И. Баранов, А.И. Землянухин // Лесной журнал. - 1980. - №3. - С. 24-26.

14. Мехатронна вібраційна насіннеочисна машина / В.М. Лук'яненко, І.В. Галич, А.О. Никифоров // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка.- 2015.-Вип. 156.-С. 413-419.

## **Анотація**

### **ОГЛЯД ДОСЛІДЖЕНЬ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАСІННЯ ЛІСОВИХ КУЛЬТУР**

Лук'яненко В.М., Галич І.В., Домашич К.І.

*Вхідними даними при проектуванні конструкцій технічних засобів для обзкрілювання насіння лісових культур і їх сепарації, а також обґрунтування технологічних параметрів і режимів роботи таких машин є фізико-механічні властивості насіння. У статті представлений огляд досліджень фізико-механічних властивостей насіння лісових культур, які мають крилатки.*

## **Abstract**

### **REVIEW OF INVESTIGATION OF PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF SEMANS OF FOREST CROPS**

V. Lukynenko, I. Galych, K. Domashich

*The initial data for the design of technical equipment for draining seeds of forest cultures and their separation, as well as the rationale for technological parameters and operating modes of such machines are the physical and mechanical properties of seeds. The article presents an overview of the research of physical and mechanical properties of seeds of forest cultures that have turtles.*

## СУЧАСНИЙ СТАН БДЖІЛЬНИЦТВА В УКРАЇНІ

**Васильківська Т.Ю. голова правління**

*Громадська організація «Всеукраїнське Братство Бджолярів України»,  
експерт робочої групи з питань розвитку бджільництва Міністерство  
аграрної політики та продовольства України*

**Лесніцька О.А., асп.**

*Національний університет біоресурсів та природокористування України*

*Проаналізовано сучасний стан бджільництва в Україні. Виокремлені основні проблеми галузі, а саме: загибелі бджіл через застосування аграріями пестицидів, реалізації меду, застосування ветеринарних препаратів, племінної та селекційної роботи в бджільництві, знищення природних медоносів, запилення, інтеграції українського бджільництва в європейський простір, необхідність освітянських і просвітницьких заходів у бджільницькому середовищі, фінансова кредитна підтримка виробника. Окреслено головні напрями вирішення проблеми.*

*Ключові слова: бджільництво, проблематика.*

Бджільництво в Україні – галузь сільського господарства, з багатотисячною історією та досвідом, що займається виробництвом меду, воску, пилку, прополісу, маточного молочка, бджолиної отрути для харчових, медичних, парфумерно-косметичних та інших цілей. Бджоли відіграють важливу роль у навколишньому середовищі, забезпечуючи запилення сільськогосподарських культур. Об'єктами бджільництва є робочі бджоли, бджолині матки, трутні, бджолині сім'ї, яких розводять на племінних і товарних пасіках. Суб'єктами бджільництва, незалежно від форм власності, є: племінні та товарні пасіки, племінні бджоло розплідники; підприємства з виготовлення обладнання та пасічного реманенту; підприємства, установи й організації із заготівлі, переробки, реалізації продуктів бджільництва та препаратів із них; лабораторії сертифікації продуктів бджільництва; наукові установи, заклади освіти, дослідні господарства, які займаються бджільництвом; спілки, асоціації та інші об'єднання, діяльність яких пов'язана з бджільництвом [1].

Україна – це справжній медовий край і медовий рай Європи, адже тут є всі умови для успішного ведення пасічницької справи. Сприятливий клімат, а також близько тисячі різноманітних видів медоносів, серед яких половина – це лікарські рослини. Три власні породи бджіл, кожна виведена для основних біомів України: карпатська, поліська та степова. Тисячолітні традиції бджільництва, серед яких – створення першого рамкового вулику. Та глибока, укорінена любов до бджолярської справи, що передається від покоління до покоління.

Бджільництво вирішує багато питань, але одне із них – це збереження здоров'я нації і вирішення продовольчої безпеки.

**Мета досліджень** – з’ясувати сучасний стан галузі бджільництва в Україні. Проаналізувати наукові публікації, методичні матеріали та Інтернет-ресурси за дослідною тематикою. Визначити проблематику сучасного стану галузі та намітити певні шляхи ефективного розвитку бджільництва в Україні.

**Матеріали та методика дослідження.** Вивчення даної тематики дослідження включало використання емпірико-теоретичних (збір, аналіз і синтез наукової інформації, логічний підхід до формування висновків) і теоретичних (визначення, опис, інтерпретація) методів.

**Результати досліджень.** Світове виробництво меду практично завжди стабільне й становить 1,6-1,7 млн. тон залежно від року і за даними FAO, на Україну припадає близько 4,3 % світового виробництва – близько 73 тис. тон меду [2]. Впродовж останніх п’яти років в Україні в середньому виробляли 70-75 тис. тон меду на рік. Загалом 97,7-98,2 % меду виробляється приватними господарствами, 2,3-1,8 % – сільськогосподарськими підприємствами. Точна статистика практично відсутня, окремі дані фіксуються господарськими організаціями, підприємствами, що реалізують мед. Середня кількість бджолосімей у одного пасічника 50-100. Останнім часом є хороша тенденція молодих пасічників збільшувати свої господарства до 300 бджолосімей і більше.

Виробничий фонд галузі налічує близько 400 тисяч бджолярів та понад 3,7 млн. бджолосімей, а валове річне виробництво меду сягає 80 тисяч тон, що дозволяє Україні бути першою у Європі та четвертою у світі за цим показником – після Китаю, Аргентини і США [3].

Україна є одним зі світових постачальників меду, особливо для американського та європейських ринків (табл.1).

Таблиця 1 – Сумарний обсяг експорту меду [4].

Експортовано:	2012	2013	2014	2015	2016
вага нетто	13338	21674	36336	36013	56988
вартість (тисяч доларів США)	31113	52972	93410	84325	97282

Трійку найбільших імпортерів українського меду становить Німеччина (45 % від загального експорту), Польща (21 % від загального експорту) та США (12 % від загального експорту) (Рис.1). Головна вимога експорту відповідати показникам якості та безпеки даної країни-експортера. Проаналізувавши останні роки експортованого меду, зрозуміло, що Україна здатна виробляти досить великі об’єми, якісного та безпечного меду.

Незважаючи на високі показники, є ряд важливих проблем, що необхідно вирішувати найближчим часом, шляхом залучення влади та самого бджоляра [5].

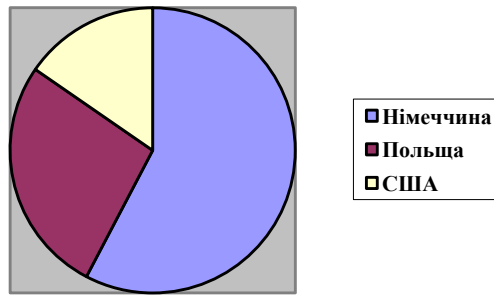


Рис. 1 – Трійка найбільших експортерів українського меду

Проблема загибелі бджіл через застосування аграріями для обробки сільськогосподарських угідь хімічних засобів, що шкодять бджолам і довкіллю (пестицидів). В умовах широкого застосування хімічних препаратів у сільському і лісовому господарстві все гострішою стає проблема охорони і захисту бджіл від отруєнь. Неконтрольоване застосування пестицидів, особливо на медоносних культурах, призводить до масової загибелі бджіл та інших корисних комах, які є запилювачами цих культур. Масова загибель бджіл може призвести до зникнення багатьох видів рослин, у тому числі сільськогосподарських, оскільки майже 80% з них запилюють медоносні бджоли.

Протягом останніх 3-5 років в Україні посівні площі під ріпак збільшуються, а відтак частіше застосовуються інсектициди. При цьому пестициди, якими обробляють поля проти шкідників, не вбивають бджіл, а роблять їх уразливими до кліщів та несприятливих факторів навколишнього середовища.

Тому для уникнення можливого негативного впливу пестицидів на бджіл, людину і навколишнє середовище сільськогосподарські підприємства повинні суворо дотримуватись правил техніки безпеки при роботі з ними.

Асортимент пестицидів, засоби, сфера застосування, норми, кратність обробок повинні відповідати «Переліку пестицидів і агрохімікатів дозволених для використання в Україні», доповненням до «Переліку» та інструкціям з безпечного застосування пестицидів, які затверджені постановами Міністерства охорони здоров'я та Міністерства екології та захисту довкілля.

Фізичні і юридичні особи, які застосовують засоби захисту рослин для обробки медоносних рослин, згідно ст.37 Закону України «Про бджільництво», зобов'язані не пізніше ніж за три доби до початку обробки через засоби масової інформації попередити про це органи місцевого самоврядування, пасічників, пасіки яких знаходяться на відстані до 10 (десяти) кілометрів від оброблюваних площ. При цьому повідомляється дата обробки, назва препарату, ступінь і строк дії токсичності препарату. У період проведення робіт у радіусі 200 метрів від меж ділянок, що обробляються, повинні бути встановлені попереджувальні написи.

Однією із проблем є неінформованість пасічників про хімічну обробку рослин на території, де їхні бджолині сім'ї збирають нектар. Цього вимагає закон, але його не виконують, і в результаті гинуть бджоли. Закони, інструкції щодо цього питання порушуються в першу чергу аграріями. Бджоляр залишається сам

на сам з проблемою в разі отруєння бджіл, бо добитися відповідальності порушника не вбачається реальним [6].

Племінна та селекційна робота в бджільництві, проблема збереження та шляхи удосконалення генофонду локальних популяцій бджоли медоносною. Необхідно створити відповідні умови для селекційної роботи, яка втрачає свою фаховість, цінність і місію через хаос на ринку.

Застосування ветеринарних препаратів. Основною перешкодою на шляху збільшення експорту українського меду до країн ЄС, є невідповідність показників безпеки нашого меду вимогам країн імпортерів. Щорічні звіти RASFF показують, що проблема забруднення меду залишковими кількостями антимікробних препаратів надалі залишається актуальною.

Серед виявлених забруднень меду, такі залишки ветеринарних препаратів, як сульфаніламід, займають перші позиції. У вітчизняному меді за останніми даними, найчастіше виявляють залишки таких груп антибіотиків та антимікробних препаратів, як хлорамфенікол, нітрофуран, нітроімідазол, сульфаніламід, тетрацикліни та аміноглікозиди.

В Україні не зареєстровано жодного препарату для лікування бджіл, який містить вищезгадані діючі речовини, оскільки їхнє використання заборонене, як в європейському, так і в українському бджільництві. Тому, виявлення залишків згаданих речовин у меді, є наслідком несанкціонованого застосування бджолярами контрабандних препаратів або медичних препаратів доступних у роздрібних аптеках гуманної медицини.

Реалізація меду (внутрішній і зовнішній ринки) та інших продуктів бджільництва. Малий і середній підприємець – виробник бджоляр повинен стати самостійним оператором міжнародних ринків.

Проблема знищення природних медоносів. Покращення медоносної бази. Заохочення фермерів щодо вирощування медоносних культур.

Запилення – як основна робота бджоли. Взаємодія аграрія і бджоляра сприятиме покращенню показників врожайності і фінансово підтримає бджоляра. Головне, що ми отримуємо від бджіл, це не мед, а запилення сільськогосподарських культур. Якби не бджоли, то на нашому столі не було б багато чого, наприклад, фруктів, овочів, інших рослин, які потребують запилення. У країнах Західної Європи пасічник за опилення гектара землі отримує плату від фермера, а в нас, навпаки пасічнику доводиться самому платити фермеру за дозвіл опилувати рослини [7].

Інтеграція українського бджільництва в європейський простір. Юридичні та економічні аспекти процесу. Питання імплементації Директив і Регламентів ЄС у спосіб обов'язкового захисту національного виробника і національного ринку від ввезення неякісного меду і інших продуктів бджільництва.

Необхідність внесення якісних змін у законодавство – Закон України «Про бджільництво» та інші нормативні акти, у тому числі «Правила ввезення в Україну та вивезення за її межі бджіл і продуктів бджільництва», «Порядок реєстрації пасік», «Порядок видачі ветеринарно-санітарного паспорта пасіки» та інші. Необхідність розробки і прийняття Програми розвитку бджільництва.

Необхідність освітніх і просвітницьких заходів у бджільницькому



середовищі задля підвищення професійності і культури роботи бджоляра отримання ним безпечної продукції бджільництва.

Створення умов для навчання бджолярів та курсів підвищення кваліфікації, розробки і видання друкованих матеріалів для бджолярів, з доступною актуальною інформацією, створення «гарячої лінії» для пасічників з швидкою реакцією на питання і проблеми.

Необхідність створення фінансових і виробничих умов для розвитку бджільницької науки, проведення дослідницьких заходів як в академічних наукових і освітянських закладах, так і в «Національному центрі бджільництва «Інститут бджільництва ім. П.І. Прокоповича».

Фінансова кредитна підтримка виробника – бджоляра. Створення програм страхування тощо. На сьогодні ситуація у бджільництві досить не стабільна, задля цього бджоляр має бути впевнений та застрахований у разі виявлення загрози на пасіці. Програма страхування дозволить залучити нових зацікавлених осіб, що дозволить державі збільшити показники виробництва продукції бджільництва, а також, унеможливити незаконне самолікування забороненими ветеринарними препаратами, адже, фінансова кредитна підтримка буде спонукати та перекривати усі затрати. Тому що у разі виникнення хвороби, за умовами страхування, буде раціональніше та вигідніше замінити пасіку, разом з усім обладнанням, на нові, а не використовувати антибіотики.

**Висновки.** Україна – це справжній медовий край і медовий рай Європи, адже тут є всі умови для успішного ведення пасічницької справи.

На сьогоднішній день Україна посідає перше місце у Європі та четверте у світі – після Китаю, Аргентини і США. Але не дивлячись на ці показники, Україна має ряд проблем, вирішення яких дозволить нашій державі вийти на кращі позиції у світі.

А саме, побудова законодавчо грамотної політики у бджільництві дасть можливість якісно відповідати на наведені виклики і сформувані український бджільницький сектор, як цілісну працюючу успішну систему у сільському господарстві. Тільки тоді бджолярі « повірять » і самі почнуть входити у законодавчу модель зі своїми інноваціями і отримувати можливість їх реалізації в правовому полі.

## Список використаних джерел

1. Про бджільництво: закон України від 22.02.2000 № 1492-III / Верховна Рада України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua>.
2. Електронний ресурс: <http://faostat.fao.org/site/569/DesktopDefault.aspx?PageID=569#ancor>.
3. Honey Market Overview / Матеріали Інформаційно-аналітичного агентства «СоюзІнформ» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.souzinform.com.ua>.
4. Електронний ресурс: <http://sfs.gov.ua/ms/fl1>.
5. Електронний ресурс: <http://agroportal.ua/views/blogs/sokhranit-pchel>.

oznachaet-sokhranit-zhizn.

6. Електронний ресурс: <http://agroportal.ua/views/blogs/selo-nachinaetsya-s-paseki-pasechnik-yavlyaetsya-fundatorom-uspekha-agrariya-i-ekologa>.
7. Береговий В.К. Бджільництво, як одне із напрямлень вирішення продовольчої безпеки України / Агросвіт, 2012, №10.

## **Аннотация**

### **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПЧЕЛОВОДСТВА В УКРАИНЕ**

Лесницкая О.А., Васильковская Т.Ю.

*Проанализировано современное состояние пчеловодства в Украине. Выделены основные проблемы отрасли, а именно: гибели пчел из-за применения аграриями пестицидов, реализации меда, применение ветеринарных препаратов, племенной и селекционной работы в пчеловодстве, уничтожение природных медоносов, опыление, интеграции украинского пчеловодства в европейское пространство, необходимость образовательных и просветительских мероприятий в пчеловодческой среде, финансовая кредитная поддержка производителя. Определены главные направления решения проблемы.*

*Ключевые слова: пчеловодство, проблематика.*

## **Abstract**

### **CURRENT STATE OF BEEKEEPING IN UKRAINE**

O. Lesnitska, T. Vasytkivska

*The current state of beekeeping in Ukraine. Singled out the basic problems of the industry, namely the death of bees through the use of farmers pesticides, sales of honey, the use of veterinary drugs, breeding and breeding work in beekeeping, destruction of natural honey plants, pollination, integration of Ukrainian beekeeping in the European space, the need for educational and educational activities in the beekeeping environment financial credit support producer. Outlined the main directions of the solution.*

*Keywords: beekeeping, problems.*

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНУТРИПОЧВЕННОГО ВНЕСЕНИЯ ГЕРБИЦИДОВ В СЛОЕ ПЕНЫ

Мельник В.И. д.т.н., проф., Лукьяненко А.В. ст. преп.

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства  
имени Петра Василенко*

*Описаны технология внутрисочвенного внесения гербицидов в слое пены, проведение полевых испытаний и полученные результаты на основании которых были сделаны выводы для оценки эффективности гербицидного действия.*

**Цель.** Оценка возможности внутрисочвенного, ленточного внесения гербицидов в виде непрерывного, кумулятивного, равномерно распределенного слоя, а также предварительная оценка эффективности гербицидного действия.

**Актуальность.** При химическом способе защиты растений методом опрыскивания часть рабочей жидкости непродуктивно теряется в пределах 50...80 % от дозы внесения [1], подвергаясь испарению, выветриванию, фотохимическому распаду и т.п. В большинстве случаев препарат, внесенный поверхностно, действует только против вегетирующих растений, то есть непродолжительный временной период. Именно поэтому такие обработки называют химической прополкой. В конце концов все перечисленное приводит к снижению общей эффективности обработок и загрязнения окружающей среды [2]. Используя ленточное, внутрисочвенное внесение можно избежать столь непродуктивных потерь и понизить жесткость метеорологических требований при обработке. Так же этот метод хорош тем, что на сорные растения удастся воздействовать двумя способами: механическим и химическим. Под механическим способом подразумевается воздействие рабочего органа в виде стрельчатой лапы на сорняк, когда он находится в самой уязвимой фазе, повреждая его корневую систему или росток. Глубина погружения рабочего органа равна 10-ти диаметрам семечки и варьируется в пределах от 3 до 6 см, с учетом комковатости почвы. Химически способ воздействует на сорняки с помощью гербицидов, не давая возможности им прорости. Тем самым воздействует на повышение благоприятных условий для прорастания сельскохозяйственной культуры. В сравнении с поверхностной обработкой, внутрисочвенная обладает рядом преимуществ и одно из них это экономическое. Благодаря последнему удастся понизить нормы внесения гербицидов до ультрамалообъемных доз и уменьшить потери при обработке, что и приводит к уменьшению финансовых затрат. Так же не маловажным преимуществом является экологический эффект, выражается он в вышеназванных причинах.

Технология внесения. Ленточное внутрисочвенное внесение гербицидов в слое пены [3] осуществляется за счет устройства (рис. 1), которое устанавливается на раму сеялки СУПН-8.



Рис. 1 – Устройство пенообразования

Состоит оно из: воздушного насоса, емкости с раствором и рабочего органа, установленного вместо штатного сошника (рис. 2).



Рис. 2 – Рабочий орган

Технологический процесс осуществляется следующим образом: из воздушного насоса выходит два трубопровода, один из которых подсоединен к емкости с раствором, а второй к кожуху рабочего органа. Насос нагнетает давление в емкость в результате чего часть раствора, находящегося в нем по трубопроводу, поступает в кожух рабочего органа. Внутри кожуха находится губка, на ее поверхность попадает раствор и воздух проталкивает ее через губку, таким образом получается пена [4]. Затем пена нагнетается в полость под козырек. Скапливаясь внутри этого пространства, пена распространяется по его пустотам. В дальнейшем почва, осыпаясь, частично перераспределяет пену,

сдвигая некоторую часть ее в центр обрабатываемой полосы. Происходит это по той причине, что почва сначала осыпается по краям, а потом уже и в центре. Так достигается равномерное распределение пены по ширине захватываемой полосы [5].

**Описание опыта.** Для оценки эффективности внутрипочвенного внесения гербицидов в слое пены были проведены полевые испытания. Проводились они следующим образом, осуществлялось внутрипочвенное внесение гербицидов в слое пены (рис.3), проведено всего таких 3 прохода длиной по 100 метров каждый, на 5-й повышенной, 7-й пониженной и 6-й повышенной передаче трактора МТЗ-80.



Рис. 3 – Внутрипочвенное внесение гербицидов в слое пены

На каждой линии прохода проводился высев тестовой культуры в хаотичном порядке длиной по 10 метров с трехразовой повторностью. Для точного высева семян использовалась координатная доска, габариты которой составляли по длине 1 метр и ширине 20 см. В ней были просверлены отверстия на расстоянии в 2 см друг от друга по длине и ширине. Доска клалась на линию прохода и с помощью штуцера делались углубления в почве на глубину 3-6 см с учетом комковатости почвы. После чего в углубление клалось зерно с последующей утрамбовкой тем же штуцером (рис. 4).



Рис. 4 – Высев тестовой культуры



По истечению 3 недель проводились исследования на предмет оценки степени угнетения тестовых растений. По мере высыхания растения можно было судить о наличии гербицида в месте прорастания, что и приводило к угнетению тестовой культуры (рис. 5).



а)

б)

в)

Рис. 5 – проросшая тестовая культура на разных линиях прохода

где: а) на 5-й повышенной передаче;  
 б) на 7-й пониженной передаче;  
 в) на 6-й повышенной передаче.

Степень угнетения растений определялось визуально по мере высыхания стебля растения. Проросшие растения делились на 3 градации. К первой градации относились растения полностью здоровые, ко второй (частично угнетенные) - на стебле растения присутствуют сухие участки и третья градация – полностью сухое растение. Подсчитывалось количество растений каждой градации и по ихнему количеству в той или иной градации производились выводы по равномерности распределения пены по линии прохода на каждой из передач. Результаты подсчета переведены в процентное соотношение и занесены в таблицу 1.

Таблица 1 – процентное соотношение градаций проросших растений

	1 градация	2 градация	3 градация
5-я повышенная передача	0	1	99
7-я пониженная передача	2	95	3
6-я повышенная передача	16	78	6

**Выводы.** По полученным данным был проведен анализ и на основании его были сделаны выводы, что внутрипочвенное, ленточное внесение гербицидов в

виде непрерывного, кумулятивного, равномерно распределенного слоя доказало свою эффективность при полевых испытаниях. Наилучшие показатели с результатом 99 % погибших растений оказались при 5-й повышенной передаче трактора МТЗ-80.

### Список использованной литературы

1. Котов, Алексей Александрович. Совершенствование технологий и создание новых средств механизации для ухода в лесных питомниках и культурах : диссертация доктора технических наук: 05.21.01 / Котов Алексей Александрович; - Москва, 2009 - 472 с. Москва, 2009 472 с.
2. <http://agroflora.ru/vliyanie-pesticidov-na-okruzhayushhuyu-sredu>.
3. Пат. 47751 Україна, МПК А01С23/00. Спосіб підповерхневого внесення засобів хімізації у ґрунт / Мельник В.І., Лук'яненко О.В., Власник ХНТУСГ ім.П.Василенка, (UA). – и 2009 08160; заявл. 03.08.2009; опубл. 25.02.2010. бюл №4.
4. Мельник В.І., Лук'яненко О.В. Обґрунтування методу для підповерхневого внесення рідких засобів хімізації в шарі піни. - Вісник. ХНАУ ім. В.В. Докучаєва 2009, вып. №11(1), с. 17-19.
5. Мельник В.І., Лук'яненко О.В., Павленко А.В. Спосіб підповерхневого ультрамалообъемного внесення рідких засобів хімізації і робочий орган для його здійснення. – Вісник. ХНТУСГ ім. П. Василенка 2011, вып. №107, с.208-211.

### Анотація

#### ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПІДПОВЕРХНЕВОГО ВНЕСЕННЯ ГЕРБИЦІДІВ В ШАРІ ПІНИ

Мельник В.І., Лук'яненко О.В.

*Описано технологію підповерхневого внесення гербицидів в шарі піни, проведення польових випробувань і отримані результати на підставі яких були зроблені висновки для оцінки ефективності гербицидної дії.*

### Abstract

#### EFFICIENCY ASSESSMENT OF HERBICIDES IN THE FOAM LAYER UNDER THE SOIL

V. Melnik, A. Lukyanenko

*The technology of intra-soil application of herbicides in the foam layer, field testing and the results obtained on the basis of which conclusions were made to evaluate the effectiveness of herbicidal action are described.*

## МЕТОД РАСЧЁТА ПОЛЯ СКОРОСТЕЙ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ МЕЖДУ ДВУМЯ ЭКВИДИСТАНТНЫМИ ПЛОСКОСТЯМИ ПРИ СОВЕРШЕНИИ ИМИ СИНХРОННЫХ ГАРМОНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ

Лукьяненко В.М., к.т.н., доц, Никифоров А.А., ст. викл.,  
Петрик А.П. ст. лаб.

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства  
имени Петра Василенко*

*В данной статье представлена постановка задачи по расчёту характеристик движения воздуха под воздействием движущихся рабочих поверхностей. Получена система алгебраических уравнений, которую можно решить любым из известных численных методов.*

**Введение.** Сепарация семян по комплексу физико-механических свойств (форме, шероховатости и упругости) на вибрирующих фрикционных неперфорированных поверхностях отличается высоким качеством разделения. Этот способ сепарации особенно подходит для очистки мелкосемянных культур. Для мелкосемянных легковесных культур, подверженных влиянию воздушного потока, он является единственным эффективным способом механизированной сепарации.

Однако, при использовании для сепарации таких культур многоплоскостных вибрационных машин, где семенная смесь разделяется в наклонном вибрирующем канале, образованном эквидистантно расположенными плоскостями, высокие аэродинамические характеристики таких семян усложняют процесс разделения и снижают его эффективность.

Это вызывает необходимость изучения технологического процесса сепарирования на базе математической модели движения частиц в воздушном потоке между вибрирующими плоскостями.

**Анализ последних исследований.** Влиянию воздушного потока на перемещение компонентов семенных смесей посвящено много работ исследователей.

Прежде всего, это П.М. Василенко, который в работе [1] исследовал движение частиц семенных смесей в воздушной среде с учётом аэродинамического сопротивления. Ним было изучено как линейное, так и квадратичное аэродинамическое сопротивление движения частиц по отношению к скорости воздушного потока. Однако, при этом параметры потока, возникающего в воздушных каналах и рабочих пространствах семяочистительных машин, не зависели от режима работы машины и считались постоянными. Такое допущение в случае его использования для изучения процесса сепарации мелкосемянных легковесных культур на многоплоскостных вибрационных машинах является неприемлемым. Оно не позволяет построить математическую модель процесса, которая позволяла бы получать адекватные



результаты.

Впоследствии подобными исследованиями занимались Козаченко А.В., Абдуев М.М., Бакум М.В., Манчинский Ю.О., Сычов В.В., Завгородний А.И.

Так Козаченко А.В. в работе [2] обосновал параметры технологического процесса очистки и сортирования на вибрационной семяочистительных машине семян табака и махорки.

Изучением движения частиц в условиях переменной скорости воздушного потока в наклонных воздушных каналах занимались авторы работы [3].

Математическому описанию движения абсолютно упругого шара в постоянном воздушном потоке между вибрирующими плоскостями посвящена работа Завгороднего А.И. [4].

**Цель исследования.** Построение математической модели воздушного потока между колеблющимися рабочими поверхностями виброочистительной машины для оценки эффективности конструктивных мероприятий повышающих эффективность процесса виброочистки семенных смесей чувствительных к воздействию воздуха.

**Основная часть.** В качестве математической модели процесса движения воздуха под воздействием движущихся рабочих поверхностей использована модель идеального газа. Процесс воздействия колеблющихся рабочих поверхностей на воздушную массу, которая находится между параллельными плоскостями, описывается с помощью уравнения Эйлера и уравнения неразрывности. В координатной форме данные векторные уравнения позволяют составить систему дифференциальных уравнений из четырёх уравнений. Число неизвестных, которые должны быть определены для каждой точки воздушного объёма между рабочими поверхностями, также равно четырём. Это проекции вектора скорости элемента воздушного континуума на оси системы координат, связанной с рабочими поверхностями, и величина давления воздуха в рассматриваемой точке. Преобразованная система уравнений имеет следующий вид:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} = g_x , \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} = g_y , \quad (2)$$

$$-\frac{\partial u}{\partial t} - u \frac{\partial u}{\partial x} - v \frac{\partial u}{\partial y} - w \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} = g_z , \quad (3)$$

$$\partial w = -\partial u - \partial v , \quad (4)$$

$$g_x = g \sin \beta , \quad (5)$$

$$g_y = g \operatorname{tg} \alpha \cos \beta \cos \delta , \quad (6)$$

$$g_z = -g \cos \delta , \quad (7)$$

$$\cos \delta = \frac{\cos \alpha \cos \beta}{\sqrt{\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha \cos^2 \beta}}, \quad (8)$$

где  $\alpha$ ,  $\beta$  – углы, характеризующие наклон, соответственно, продольной и поперечной осей рабочей поверхности к Земной поверхности (рис. 1);  $\delta$  – угол наибольшего наклона рабочей поверхности.

В результате решения (1) - (8) для установленных моментов времени  $t$  для любой точки пространства между рассматриваемыми рабочими поверхностями с координатами  $(x, y, z)$  будут получены значения проекций вектора скорости воздушного потока,  $u$ ,  $v$  и  $w$ , а также давления воздуха,  $p$ , в рассматриваемой точке в заданный момент времени.

Приведенная система дифференциальных уравнений может быть решена путём приведения её к краевой задаче. Для численного решения системы уравнений (1) - (8) вводится сетка по осям координат  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  и по оси времени  $t$ . Сетка разбиения области  $\Xi$  на дискретные узлы имеет вид, приведенный на Рис. 1.

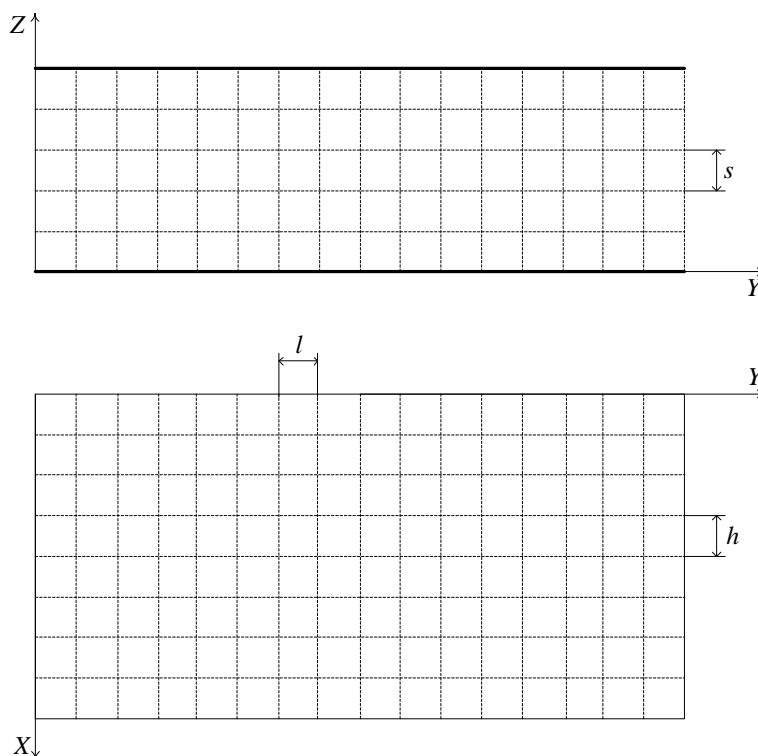


Рис. 1 – Сеточная область, используема для решения задачи

Узлы данной сетки имеют нумерацию  $(i, j, k, \tau)$ . Узлу с приведенным номером соответствует точка области  $\Xi$  с координатами:  $x = i \cdot h$ ,  $y = j \cdot l$ ,  $z = k \cdot s$  и момент времени  $t = \tau \cdot \Delta t$ .

Для приведенной сетки уравнения (1) - (8) могут быть записаны в конечно разностной форме:

$$\frac{u_{i,j,k,\tau+1} - u_{i,j,k,\tau-1}}{2\Delta t} + u_{i,j,k,\tau} \frac{u_{i+1,j,k,\tau} - u_{i-1,j,k,\tau}}{2h} + \quad (9)$$

$$\begin{aligned}
& +v_{i,j,k,\tau} \frac{u_{i,j+1,k,\tau} - u_{i,j-1,k,\tau}}{2l} + w_{i,j,k,\tau} \frac{u_{i,j,k+1,\tau} - u_{i,j,k-1,\tau}}{2s} + \\
& \quad + \frac{1}{\rho} \frac{p_{i+1,j,k,\tau} - p_{i-1,j,k,\tau}}{2h} - g_x = 0 , \\
& \frac{v_{i,j,k,\tau+1} - v_{i,j,k,\tau-1}}{2\Delta t} + u_{i,j,k,\tau} \frac{v_{i+1,j,k,\tau} - v_{i-1,j,k,\tau}}{2h} + \\
& +v_{i,j,k,\tau} \frac{v_{i,j+1,k,\tau} - v_{i,j-1,k,\tau}}{2l} + w_{i,j,k,\tau} \frac{v_{i,j,k+1,\tau} - v_{i,j,k-1,\tau}}{2s} + \\
& \quad + \frac{1}{\rho} \frac{p_{i,j+1,k,\tau} - p_{i,j-1,k,\tau}}{2l} - g_y = 0 ,
\end{aligned} \tag{10}$$

$$\begin{aligned}
& - \frac{u_{i,j,k,\tau+1} - u_{i,j,k,\tau-1} + v_{i,j,k,\tau+1} - v_{i,j,k,\tau-1}}{2\Delta t} - \\
& - u_{i,j,k,\tau} \frac{u_{i+1,j,k,\tau} - u_{i-1,j,k,\tau} + v_{i+1,j,k,\tau} - v_{i-1,j,k,\tau}}{2h} - \\
& - v_{i,j,k,\tau} \frac{u_{i,j+1,k,\tau} - u_{i,j-1,k,\tau} + v_{i,j+1,k,\tau} - v_{i,j-1,k,\tau}}{2l} - \\
& - w_{i,j,k,\tau} \frac{u_{i,j,k+1,\tau} - u_{i,j,k-1,\tau} + v_{i,j,k+1,\tau} - v_{i,j,k-1,\tau}}{2s} + \\
& \quad + \frac{1}{\rho} \frac{p_{i,j,k+1,\tau} - p_{i,j,k-1,\tau}}{2s} - g_z = 0 ,
\end{aligned} \tag{11}$$

$$w_{i,j,k,\tau+1} - w_{i,j,k,\tau-1} = -u_{i,j,k,\tau+1} + u_{i,j,k,\tau-1} - v_{i,j,k,\tau+1} + v_{i,j,k,\tau-1} , \tag{12}$$

$$\begin{aligned}
u_{i,j,k,\tau} &= u(x_i, y_j, z_k, t_\tau) , \\
v_{i,j,k,\tau} &= v(x_i, y_j, z_k, t_\tau) , \\
w_{i,j,k,\tau} &= w(x_i, y_j, z_k, t_\tau) , \\
p_{i,j,k,\tau} &= p(x_i, y_j, z_k, t_\tau) ,
\end{aligned} \tag{13}$$

$$i = 1, 2, \dots, \left(\frac{b}{h} - 1\right) , \quad j = 1, 2, \dots, \left(\frac{a}{l} - 1\right) , \quad k = 1, 2, \dots, \left(\frac{H}{s} - 1\right) , \tag{14}$$

где  $b, a$  – поперечный и продольный размеры рабочей поверхности;  
 $H$  – расстояние между двумя параллельными рабочими поверхностями.

Граничные условия в конечно разностной форме примут вид:

- для грани А:

$$u_{i,j,k,\tau} = 0, v_{i,j,k,\tau} = 0, w_{i,j,k,\tau} = 0 , \tag{15}$$

$$p_{i,j,k,\tau} = p^{\text{атм.}} + \rho \frac{[V_x^k(t)]^2 + [V_y^k(t)]^2 + [V_z^k(t)]^2}{2} \cdot (-\text{sign}\{V_z^k(t)\}) \tag{16}$$

$$i = 1, 2, \dots, \left(\frac{b}{h} - 1\right), j = 1, 2, \dots, \left(\frac{a}{l} - 1\right), k = \frac{H}{s}, t = \tau \cdot \Delta t \quad (17)$$

- для грани В:

$$u_{i,j,k,\tau} = 0, v_{i,j,k,\tau} = 0, w_{i,j,k,\tau} = 0, \quad (18)$$

$$p_{i,j,k,\tau} = p^{\text{атм.}} + \rho \frac{[V_x^k(t)]^2 + [V_y^k(t)]^2 + [V_z^k(t)]^2}{2} \cdot (\text{sign}\{V_z^k(t)\}) \quad (19)$$

$$i = 1, 2, \dots, \left(\frac{b}{h} - 1\right), \quad j = 1, 2, \dots, \left(\frac{a}{l} - 1\right), \quad k = 0, \quad t = \tau \cdot \Delta t \quad (20)$$

- для граней С, D, Е и G:

$$u_{i,j,k,\tau} = A \cdot \Omega \cos(\Omega\tau\Delta t) \sin \beta \sin(\varepsilon - \alpha), \quad (21)$$

$$v_{i,j,k,\tau} = A \cdot \Omega \cos(\Omega\tau\Delta t) \left[ \tan \alpha \cos \beta \sin(\varepsilon - \alpha) - \frac{\cos \delta}{\cos \beta} \cos(\varepsilon - \alpha) \right], \quad (22)$$

$$w_{i,j,k,\tau} = -A \cdot \Omega \cos(\Omega\tau\Delta t) \cos \delta \frac{\sin \varepsilon}{\cos \alpha}, \quad (23)$$

$$p_{i,j,k,\tau} = p^{\text{атм.}}, \quad (24)$$

$$C: \quad i = 0, 1, \dots, \frac{b}{h}, \quad j = 0, \quad k = 0, 1, \dots, \frac{H}{s}, \quad \tau = 0, 1, \dots, \frac{T}{\Delta t}, \quad (25)$$

$$D: \quad i = 0, 1, \dots, \frac{b}{h}, \quad j = \frac{a}{l}, \quad k = 0, 1, \dots, \frac{H}{s}, \quad \tau = 0, 1, \dots, \frac{T}{\Delta t}, \quad (26)$$

$$E: \quad i = \frac{b}{h}, \quad j = 0, 1, \dots, \frac{a}{l}, \quad k = 0, 1, \dots, \frac{H}{s}, \quad \tau = 0, 1, \dots, \frac{T}{\Delta t}, \quad (27)$$

$$G: \quad i = 0, \quad j = 0, 1, \dots, \frac{a}{l}, \quad k = 0, 1, \dots, \frac{H}{s}, \quad \tau = 0, 1, \dots, \frac{T}{\Delta t}. \quad (28)$$

Полученная система из  $\left(\frac{b}{h} + 1\right) \times \left(\frac{a}{l} + 1\right) \times \left(\frac{H}{s} + 1\right)$  алгебраических уравнений содержит аналогичное количество неизвестных. То есть существует однозначное решение рассматриваемой задачи.

Для решения системы уравнений (9) - (14), (15) - (28) может быть использован любой из известных численных методов решения систем алгебраических уравнений.

**Выводы.** Решение данной системы уравнений позволит нам определять параметры воздушного потока для различных конструктивных схем и режимов работы виброочистительных машин. Полученные результаты могут быть использованы для выбора оптимальных режимов работы машин данного класса

при очистки смесей чувствительных к воздействию воздуха.

### Список использованной литературы

1. Василенко, П.М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин [Текст] / П.М. Василенко. – К.: УАСХН, 1960.–284 с.
2. Козаченко А.В. Обоснование параметров технологического процесса очистки и сортирования семян табака и махорки на вибрационной семяочистительной машине: автореф. дис. на соиск. степени канд. техн. наук/ А.В. Козаченко. – Харьков, 1984 – 20 с.
3. Абдуев, М.М. Теоретичні дослідження характеристик руху часток у нахиленому повітряному каналі при зміні характеристик епюри швидкості повітря по висоті каналу/ М.М. Абдуев, М.В. Бакум, Ю.О. Манчинський, В.В. Сичов, В.П. Леонов // Механізація сільського господарства: Вісник ХДТУСГ.– Харків, 2003.– Вип.21.– С. 88-94.
4. Завгородний, А.И., Синяева О.В. Движение шара в воздушном потоке между вибрирующими плоскостями / А.И. Завгородний, О.В. Синяева // Вібрації в техніці та технологіях: Всеукраїнський науково-технічний журнал, №3(67).– Вінниця: ВНАУ, 2012.– С. 20-27.
5. Седов Л.И. Механика сплошной среды. Т. 1. – М.: Наука, 1970. – 492 с.
6. Березин И.С., Жидков Н.П. Методы вычислений. Т. 2. – М.: Гос. изд. физ. мат. литературы, 1959.– 620 с.

### Анотація

#### **МЕТОД РОЗРАХУНКУ ПОЛЯ ШВИДКОСТЕЙ ПОВІТРЯНОГО СЕРЕДОВИЩА МІЖ ДВОМА ЕКВИДИСТАНТНИМИ ПЛОСКОСТЯМИ ПРИ ЗДІЙСНЕННІ НИМИ СИНХРОННИХ ГАРМОНІЙНИХ КОЛИВАНЬ**

Лук'яненко В.М., Никифоров А.О., Петрик А.П.

*У даній статті представлена постановка задачі розрахунку характеристик руху повітря під впливом рухомих робочих поверхонь. Отримано систему алгебраїчних рівнянь, яку можна вирішити будь-яким з відомих чисельних методів.*

### Abstract

#### **THE METHOD OF CALCULATING THE VELOCITY FIELD OF THE AIR ENVIRONMENT BETWEEN TWO EQUIDISTANT PLOSKOSTYAMI WHEN THEY COMMIT SYNCHRONOUS HARMONIC**

V. Lukianenko, A. Nikiforov, A. Petrik

*This article presents the formulation for calculating the characteristics of motion of air under the influence of a moving working surfaces. The resulting system of algebraic equations that can be solved by any known numerical methods.*

## ВПЛИВ ТУРГОРУ КОРЕНЕПЛОДІВ ЦУКРОВОГО БУРЯКА НА ЯКІСТЬ БУРЯКОВОЇ СТРУЖКИ

**Фабричнікова І.А. к.т.н., доц., Коломієць В.В. д.т.н., проф.**

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

**Квятковський А.Й. гол. інж.**

*Харківське об'єднання «Укрцукор»*

*Досліджується вплив тургору коренеплоду на процес утворення бурякової стружки при виробництві цукру. А також залежність тургору та технологічних властивостей коренеплодів цукрового буряку від умов їх зберігання. На підставі узагальнення багаторічного виробничого досвіду приведені практичні рекомендації по вдосконаленню процесу зберігання коренеплодів буряку на кагатному полі цукрового заводу.*

**Постановка проблеми.** Як відомо, технологічний процес виробництва бурякового цукру розпочинається з очищення і подрібнення коренеплодів цукрового буряку. Кондиційними вважаються коренеплоди, що відповідають вимогам стандарту на цукрові буряки для промислової переробки. На приймальні пункти буряки доставляють самоскидами. Приймальник оцінює кондиційність одержаної продукції, відмічаючи наявність зелених, цвітушних, в'ялих, підморожених, механічно пошкоджених коренеплодів.

Технологічні властивості коренеплодів цукрового буряку мають ключове значення для досягнення ефективності процесу переробки. Одним з важливих показників фізико-механічних властивостей коренеплодів цукрових буряків є тургор кореня. Зберегти зібраний врожай без втрат маси, тургору, цукристості – важливіше завдання виробників.

Дослідження процесу утворення високоякісної бурякової стружки, розвиток теоретичних основ її утворення сприяють більш повному вилученню цукру з цукросировини і, як наслідок, підвищенню рентабельності цукрового виробництва. Тому дослідження впливу тургору на параметри випереджуючої тріщини та якість бурякової стружки і практичні рекомендації по збереженню тургору коренеплодів завжди важливі та актуальні.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій** показав, що неоднорідна структура і тургор коренеплоду цукрового буряку впливає не тільки на сили та напруги, що виникають на передній поверхні бурякорізального ножа та на його вістрі в процесі утворення бурякової стружки [1]., але і на миттєві і усереднені сили зрізання стружки [2].

При визначенні значення сил зсуву, сил діючих у напрямі зрізання стружки і сил тертя стружки на передній поверхні окремої секції безреберного бурякорізального ножа ми користуємось схемою на рис. 1 і враховуємо тургор

коренеплоду ввівши у залежність коефіцієнт неоднорідності  $K_H$ .

Відповідно до цієї схеми:  $\gamma$  – передній кут  $\approx 60^\circ$ ;  $\alpha$  – задній кут  $= 0^\circ$ ;  $\beta$  – кут загострення  $\approx 30^\circ$ ;  $\beta_1$  – кут зсуву;  $\omega \approx \varphi$  – кут тертя  $\approx 30^\circ$ ;  $a$  – довжина леза  $\approx 7$  мм.

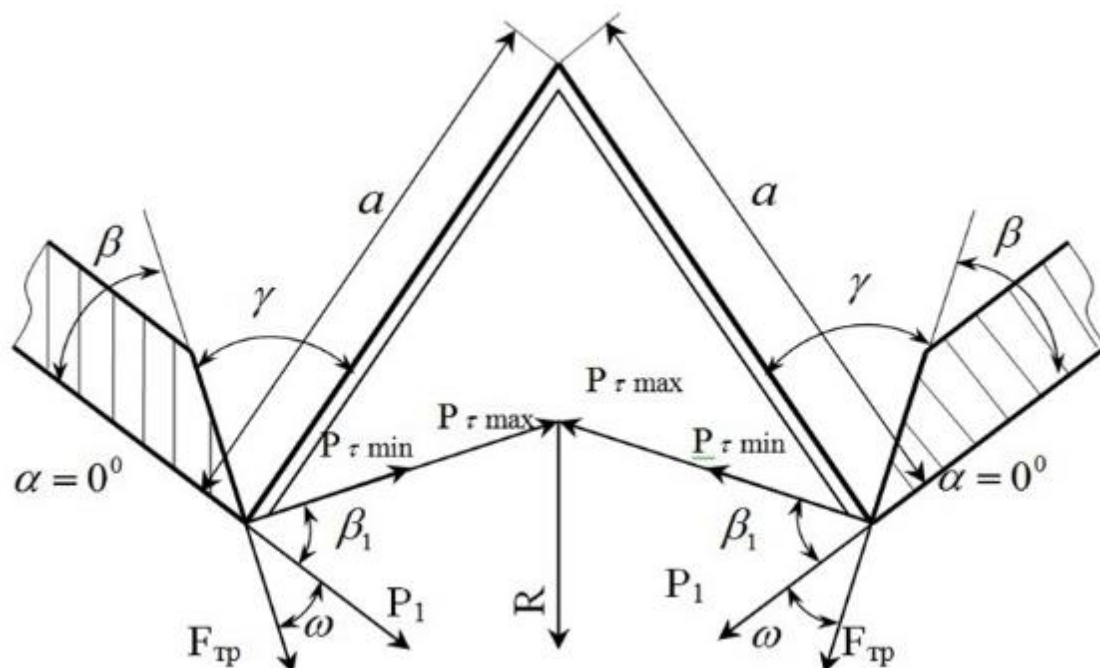


Рис. 1 – Сили, що діють на клітини цукрового буряка при зрізанні бурякової стружки

Сила зсуву бурякової стружки в одній ромбічній секції ножа може бути виражена:

$$P_{\tau} = \frac{K_H \cdot \tau_{зр} \cdot a^2}{\sin \beta_1}, \quad (1)$$

де  $K_H$  – коефіцієнт неоднорідності;  
 $\tau_{зр}$  – дотичне напруження зрізу, Па;  
 $a$  – довжина одного леза секції ножа, м;  
 $\beta_1$  – кут зсуву ромбічної стружки при кроці секцій 8,25 мм.

Через неоднорідну будову буряка і його різного хаотичного положення у момент зрізання стружки всі складові в цій залежності будуть змінними по величині. Тому і значення сили зсуву при утворенні стружки не постійне по величині і напрямку. Доказано, що неоднорідна будова буряка приводить до значного коливання сил різання, яке збільшує знос ножів і зменшує їх зносостійкість.

При утворенні бурякової стружки остання деформується і в процесі різання набуває криволінійної форми. В середині пластинки є нейтральна зона, на якій розтягування взагалі відсутнє, а по двох сторонах її деформація має протилежний знак [3]. Ця нейтральна зона розміщена по середині товщини пластинки. Виробничий досвід цукровиків підтверджує, що на вигнутій стороні

іноді утворюються тріщини, які в деяких випадках приводять до розриву пластинки стружки.

Позначимо вертикальне зміщення точок нейтральної поверхні, тобто їх  $z$  – координату, літерою  $\zeta$  (рис. 2).

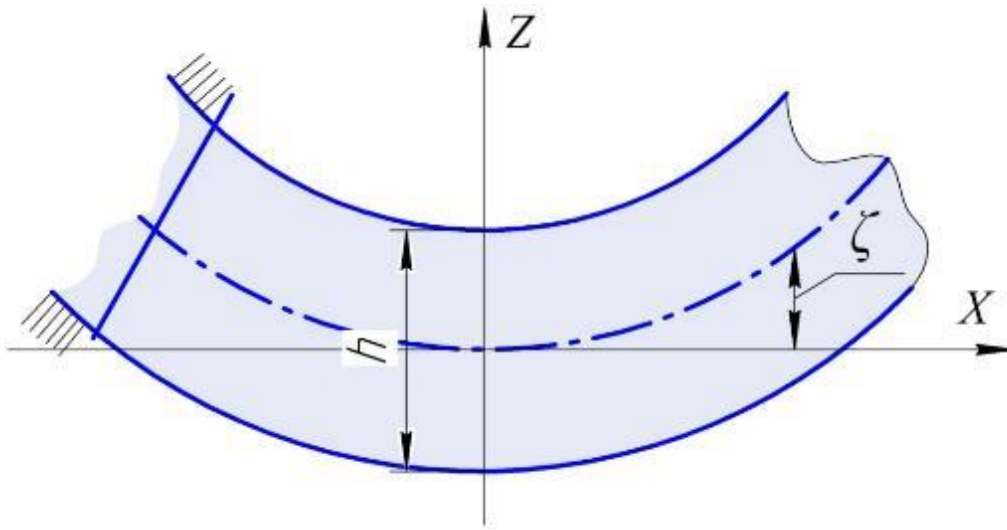


Рис. 2 – Координати нейтральної зони

Дослідження процесу утворення бурякової стружки ножами з косим торцюванням дало можливість отримати рівняння рівноваги пластинки стружки, яка згинається зовнішніми силами (2), встановити розрахункові залежності для визначення зовнішньої сили  $F$  (3) та моменту  $M$  пластини (4).

$$\frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)} \Delta^2 \zeta - F = 0, \quad (2)$$

де  $\frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)}$  – жорсткість пластини при вигині;

$\Delta \zeta$  – оператор Лапласа;

$h$  – товщина пластинки;

$F$  – зовнішня сила.

Остаточно матимемо для сили і моменту пластини:

$$F = -\frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)} \left[ \frac{\partial^3 \zeta}{\partial x^3} + \frac{\partial \theta}{\partial \ell} \cdot \frac{\partial^2 \zeta}{\partial x^2} \right], \quad (3)$$

$$M = \frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)} \cdot \frac{\partial^2 \zeta}{\partial x^2}, \quad (4)$$

де  $\theta$  – кут між нормаллю  $\vec{n}$  до нейтральної поверхні та віссю  $X$ ;

$\vec{\ell}$  – дотична до цієї поверхні.



Саме на жорсткість пластини при вигині впливає тургор коренеплоду. Дослідження умов утворення випереджаючої тріщини при зрізанні коренеплоду цукрового буряка бурякорізальними ножами [4] довело, що це є основою, квінтесенцією процесу утворення стружки, визначає її якість і потребує пильної уваги.

Відрив стружки товщиною  $h$  відбувається прикладеними до неї силами, що діють проти сил поверхневого натягу на поверхні відриву по випереджаючій тріщині і співвідношення для обчислення довжини тріщини  $L$

$$L = \frac{F \cdot y^2 \cdot (1 - \mu^2)}{\pi \cdot \alpha \cdot E}, \quad (5)$$

де  $F_y$  – сила, яка згинає стружку (твірна тріщини в нашому випадку),  $H$ .

Після підстановки в (5) чисельних значень отримали  $L = 3 \cdot 10^{-3}$  м. Але викладені міркування відносяться до відриву шару стружки на молекулярному рівні, тобто в процесі відриву стружки від основного тіла долаються сили молекулярного зчеплення. Проте в зоні різання діють макроскопічні силові параметри: відцентрові сили, сили різання, сили реакцій і тому подібне.

Подальші дослідження процесу утворення бурякової стружки дозволяють обґрунтувати наявність кавітації в зоні випереджаючої тріщини [5]. І тут вже необхідно враховувати вплив тургору коренеплоду.

**Метою статті** є розширити наші пізнання про тургор коренеплодів цукрових буряків, дослідити його вплив на процес утворення високоякісної бурякової стружки при подрібненні коренеплодів і дати практичні рекомендації по підтриманню високого рівня тургору при зберіганні коренеплодів на кагатному полі цукрозаводу.

#### **Виклад основного матеріалу.**

Тургор коренеплоду – здатність розрізатися в стружку – це комплексний показник, що включає пружність, щільність, кількість клітинного соку.

До кондиційних належать буряки у стані тургору. Його перевіряють відламуванням кінцевої частини коренеплоду 1 см завтовшки. Кондиційність за тургором визначають також лабораторно: з коренеплодів вирізують пластинки 0,5 см завтовшки загальною площею 30–50 см<sup>2</sup>, зважують і занурюють у воду. Через 1–2 години пластинки виймають, воду з поверхні вимочують ганчіркою. Після зважування пластинок визначають вміст увібраної води. Якщо він перевищує 5%, то коренеплід вважається в'ялим.

Підв'ялені корені втрачають стійкість до захворювання кагатної гниллю у процесі зберігання. У них посилюється гідролітична активність ферментів дихання, що призводить до значних втрат цукру. Сильно уражуються грибковими і бактеріальними хворобами також коріння з механічними uszkodженнями і підморожені. Останні придатні тільки для короткочасного зберігання. Погано розрізаються в стружку не тільки підв'ялені, але і дерев'янисті (цвітушні) коренеплоди. Ступінь дерев'янистості визначається особливостями структури тканин бурякового кореня, вмістом у клітинах лігніну і целюлози.

Період зберігання коренеплодів на кагатному полі цукрозаводу умовно можна розбити на чотири етапи (рис.3).

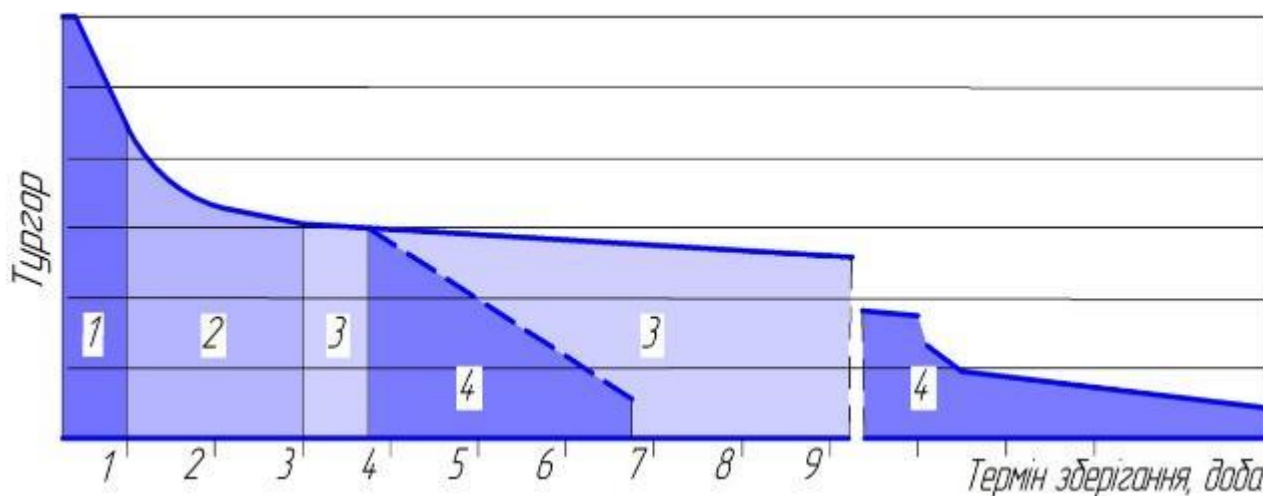


Рис. 3 – Умовна схема втрати тургору коренеплодів цукрового буряка при зберіганні на кагатному полі

Перший етап – триває 1...1,5 доби з моменту викопання коренеплоду з ґрунту і характеризується максимальним тургором, який швидко падає через втрату вологи (особливо у недозрілих коренів) та підсихання ґрунту на поверхні. В цей період корені дуже вразливі до ударів – їх буквально розриває напіл від внутрішніх напруг – максимальними будуть випереджаюча тріщина і прояви кавітації.

На рис. 4 показана зона різання [5]. Чорним кольором закрашений буряковий сік.

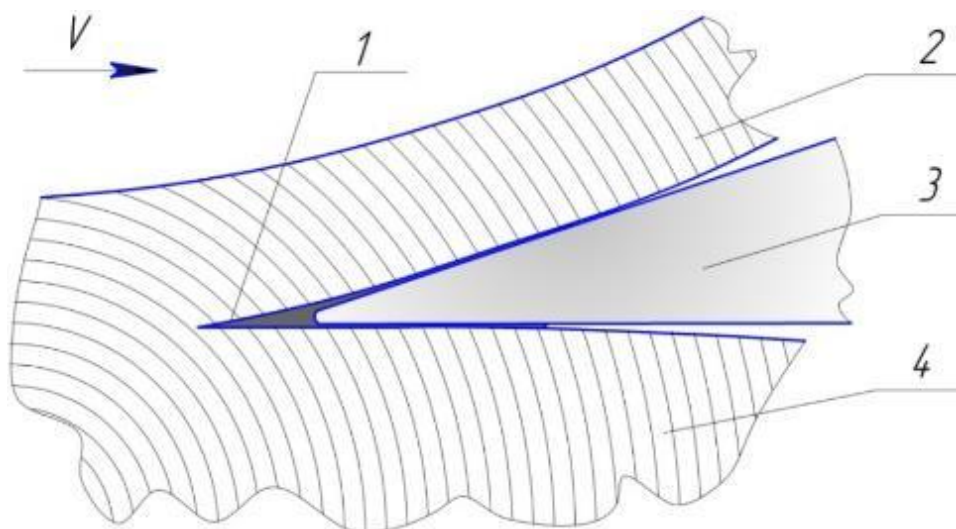


Рис. 4 – Зона різання: 1 – випереджаюча тріщина; 2 – бурякова стружка; 3 – ніж; 4 – буряк

При русі коренеплоду буряка 4 в зоні випереджаючої тріщини 1 створюється розрідження – зменшення тиску – за рахунок розширення тріщини. В зоні випереджаючої тріщини буряковий сік закипає, тобто утворюються каверни. Це розширення залежить від кута загострення ножа 3. Отже, зменшення кута загострення ножа приводить до меншого розрідження.

При різанні в зоні одного леза утворюється канал, обмежений з двох сторін ребрами (вершинами пера). Буряковий сік рухається в щілині, що утворюється, як в трубці прямокутного перетину.

При цьому внаслідок різних тисків на кромці (тиск на задній поверхні значно більший, ніж на передній поверхні) сік перетікає з задньої поверхні на передню, тобто виникає обтікання кромки (рис. 5) через випереджаючу тріщину.

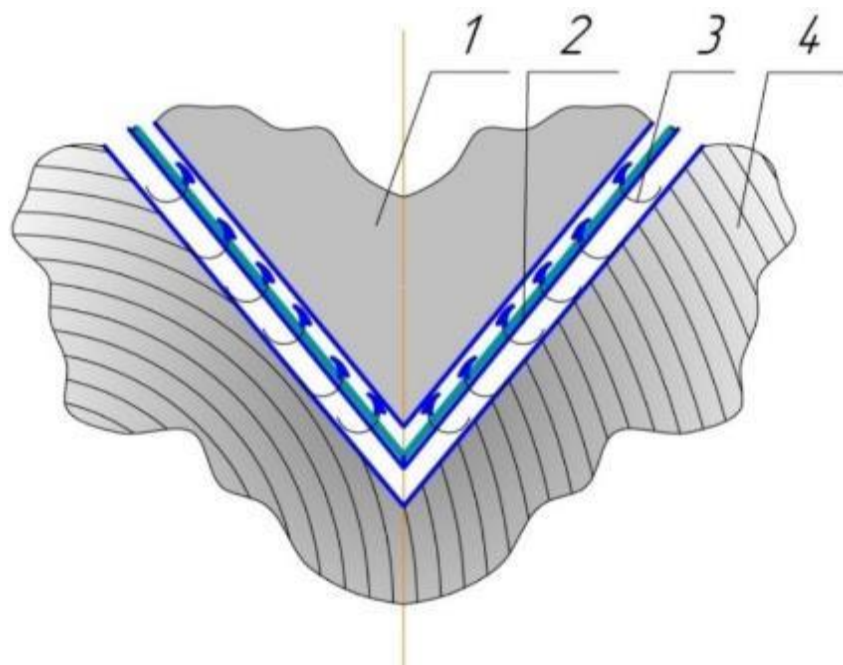


Рис. 5 – Схема перетікання клітинного соку через різальну кромку ножа: 1- стружка; 2- ніж; 3-напрямок перетікання клітинного соку; 4- буряк

Зазвичай на першому етапі корені перевозять з поля на кагатні площадки, зважують, сортують, підсушують і закладають на зберігання.

Визначення геометричних характеристик бурякової стружки різного перерізу [6] продовжили теоретичні дослідження процесу утворення стружки та впливу її якості на ефективність виробництва. Розробка перспективного перетину бурякової стружки «ребриста соломка» зменшила її жорсткість і шорсткість, збільшила податливість при згинанні, що призвело до покращення якості стружки та до зменшення втрат на різання і тертя. Але не доцільно намагатися досягти такого перетину при переробці буряку з надвисоким тургором.

Для переробки найбільш сприятливий другий етап тривалістю 2...3 доби, коли тургор стабілізується, а вміст цукру в буряковому соку максимальний.

Найбільш тривалим може бути третій етап – від декількох діб до п'яти місяців при правильному зберіганні стиглих розсортованих коренеплодів з укриванням бортів від морозів. Але при стабільному тургорі вміст цукру буде поступово знижуватись, тому таке тривале зберігання не рентабельне.

Четвертий етап настає тоді, коли з травмованих коренів витікає сік і стає осередком розвитку хвороботворних гнилісних бактерій, що призводить до псування бурякової маси.

Одна з головних вимог до зберігання коренеплодів цукрового буряку –

максимально зберегти їх тургор, без чого неможливо отримати якісну бурякову стружку і якісно вести технологічний процес переробки. Для досягнення цієї мети типовим технологічним режимом передбачені всі необхідні вимоги та нормативи, в тому числі:

- вимоги до розміщення кагатів на кагатному полі заводу;
- вимоги до геометричних розмірів кагатів залежно від якості буряків;
- інструкції по контролю температури, вологості і стану зберігання коренеплодів, тощо.

Багаторічний виробничий досвід і аналіз результатів зберігання буряку на цукро заводах [7] доводить, виробнича практика недооцінює цілий ряд факторів, які суттєво впливають на якість зберігання коренеплодів і призводять до їх псування і, як наслідок, до великих збитків.

Основні:

- Останніми роками цукровий буряк засівається гібридним насінням декількох сортів, в наслідок чого вирощені коренеплоди суттєво відрізняються як по строкам визрівання, так і по технологічним параметрам.

І тут необхідно забезпечувати:

- суворе дотримання графіка збирання врожаю залежно від строків визрівання коренеплодів. На практиці це систематично порушується;

– перевезення і закладання буряків на зберігання – окремо, залежно від їх технологічної сортності та здатності до термінового або тривалого зберігання. Практично цієї вимоги не дотримуються, В загальних кагатах буряки змішуються, що при зберіганні – особливо тривалому – призводить до місцевих перегрівів та загниванню коренеплодів. Потім з цим проводиться малоефективна боротьба і, як наслідок, маємо втрати тургору, цукристості та ін.;

- на довготривалі зберігання закладати тільки коренеплоди, що зібрані в оптимальні строки (жовтень місяць).

• Бурякоприймальні пункти цукро заводів достатньо оснащені технікою для приймання коренеплодів та закладання їх на зберігання. Та разом з тим часто не дотримуються простих, але дуже ефективних вимог до укладки та формування кагатів:

- закладний конвеєр бурякоукладчика необхідно встановлювати на можливо меншій висоті і підіймати його повільно по мірі нарощування кагату – це виключить зайве травмування коренеплодів;

– переміщення і робота бурякоукладчика повинні забезпечувати суворе дотримання геометричних параметрів кагату – прямі лінії по боковим схилам і по висоті, щоб забезпечити мінімальну поверхню контакту буряку із зовнішнім повітрям (нагрів від сонця, накопичення осадків та ін.) і не допустити утворення осередків псування коренеплодів. Дотримання цих вимог залежить лише від кваліфікації операторів бурякоукладальних машин, яких необхідно відповідно навчати, що практично не робимо.

• Оптимальний варіант для зберігання цукрового буряку, що забезпечить високий тургор і інші технологічні властивості – скоротити термін зберігання сировини до мінімуму, а запас буряку термінової переробки (під порченого, підв'яленого, тощо) встановити не більше ніж на три доби роботи заводу.

Досвід передових зарубіжних країн (Німеччина, Голландія, Франція і др.) – цукровий буряк на території заводу взагалі не закладається на зберігання. Завод працює з підвозу, автотранспорт працює чітко за графіком, запас коренеплодів на при заводському майданчику максимум на дві доби. Тут і відсутність втрат, і високий тургор, і високоякісна бурякова стружка, і високий вихід цукру.

**Висновок.** Таким чином, проведене дослідження підтверджує вплив тургору на параметри випереджуючої тріщини та якість бурякової стружки, що є черговим кроком в розвитку теоретичних основ утворення високоякісної бурякової стружки, а практичні рекомендації по збереженню тургору коренеплодів сприяють підвищенню рентабельності бурякоцукрового виробництва.

### Список використаних джерел

1. Коломієць, В.В. Визначення сил і напруг при зрізанні коренеплоду цукрового буряка в стружку [Текст] / В.В. Коломієць, І.А. Фабричнікова. – Харків: Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка «Механізація сільськогосподарського виробництва», 2010. вип. 103. – С. 239 – 243.
2. Фабричнікова, І.А. Зависимость усилий и напряжений процесса срезания стружки от неоднородного строения корнеплода сахарной свеклы. [Текст] / И.А. Фабричникова, В.В. Коломиец. – Харків: Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка «Технічний сервіс в АПК, техніка та технології у сільськогосподарському машинобудуванні», 2006. вип. 42. – С. 16 – 19.
3. Фабричнікова, І.А. До визначення параметрів процесів, що виникають в зоні зрізання коренеплодів цукрового буряка в стружку [Текст] / І.А. Фабричнікова. – Харків: Наук. журнал «Інженерія природо-користування», вип. №2 (2), 2014. – С. 96 – 99.
4. Фабричнікова, І.А. Уточнені умови утворення стружки при зрізанні коренеплоду цукрового буряка бурякорізальними ножами [Текст] / І.А. Фабричнікова, В.М. Євдокимов. – Харків: Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка «Механізація сільськогосподарського виробництва», 2011. вип. 107. Том 2. – С. 194 – 201.
5. Фабричнікова, І.А. Умовия образования стружки при срезании корнеплода сахарной свеклы свеклорезными ножами. [Текст] / И.А. Фабричникова, В.В. Коломиец. – Харків: Вісник НТУ «ХП» Тематичний випуск: «Нові рішення в сучасних технологіях», 2010. вип. 46. - С. 267-272.
6. Фабричнікова, І.А. Визначення геометричних характеристик бурякової стружки різного перерізу. [Текст] / І.А. Фабричнікова, В.В. Коломієць, М.С. Бражник. – Харків: Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка «Механізація сільськогосподарського виробництва», 2012. вип. 124. Том 2. - С. 234 – 239.
7. Фабричнікова, І.А. Деякі проблеми відродження бурякоцукрової галузі в Україні. [Текст] / І.А. Фабричнікова. – Харків: Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка «Механізація с/г виробництва», 2010. вип. 93. Том 2. - С. 227-232.

## **Аннотация**

### **ВЛИЯНИЕ ТУРГОРА КОРНЕПЛОДА САХАРНОЙ СВЕКЛЫ НА КАЧЕСТВО СВЕКЛОВИЧНОЙ СТРУЖКИ**

Фабричникова И.А., Коломиец В.В., Квятковский А.И.

*Исследуется влияние тургора корнеплода на процесс образования свекловичной стружки при производстве сахара. А также зависимость тургора и технологических свойств корнеплодов сахарной свеклы от условий их хранения. На основании обобщения многолетнего производственного опыта приведены практические рекомендации по совершенствованию процесса хранения корнеплодов свеклы на кагатном поле сахарного завода.*

## **Abstract**

### **THE INFLUENCE OF SUGAR BEET ROOTSTOCK ON THE QUALITY OF SUGAR BEET SHAVINGS**

I. Fabrichnikova, V. Kolomiets, A. Kvyatkovsky

*The influence of root turgor on the process of the formation of sugar beet pulp in sugar production is investigated. The dependence of turgor and technological properties of sugar beet roots on the conditions of their storage. Based on the generalization of many years of production experience, practical recommendations for improving the storage of beet root crops on the sugar field of the sugar plant are given.*

## МОДЕЛЮВАННЯ КОЛИВАННЯ ТИСКУ ВАКУУМНОЇ СИСТЕМИ ДОЇЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

Дмитрів В.Т., д.т.н., Дмитрів І.В., к.т.н.

Львівський національний аграрний університет

*Розглянуто питання моделювання характеристик динамічного коливання вакууму у вакуумпроводі, використовуючи теорію незалежних подій з врахуванням конструкції вакуумпроводу. Наведено оцінку імовірності появи незалежної події використовуючи теорему Пуассона, оцінено імовірність одночасності збігу тактів і фаз роботи пульсаторів одночасно працюючих доїльних апаратів на основі рівняння повної імовірності. Розроблено аналітичну залежність коливання амплітуди вакуумметричного тиску на ділянці вакуумпроводу. Приведено аналіз амплітудно-частотного коливання тиску у вакуумній системі доїльної установки. Із збільшенням кількості одночасно працюючих доїльних апаратів пда імовірність збігу та кількість доїльних апаратів, в яких збігаються фази і такти, зростає. Аналіз результатів моделювання показує, що із збільшенням кількості доїльних апаратів амплітуда коливань вакуумметричного тиску зростає, а із збільшенням діаметра вакуумпроводу амплітуда коливань тиску зменшується.*

**Постановка проблеми та завдання дослідження.** Аналіз і класифікація найхарактерніших технологічних схем молоко-вакуумних систем свідчать про невідповідність технологічних параметрів вакуумпровідних ліній фізіологічним вимогам доїння. До технологічних параметрів пневмовакуумної системи ставлять жорсткі вимоги, а саме: коливання вакуумметричного тиску – амплітуда і частота, стабільність вакуумметричного тиску за довжиною вакуум- і молокопроводу – втрати вакуумметричного тиску, динамічність відтворення робочого вакуумметричного тиску в процесі машинного доїння корів. Зазначені параметри регламентовані стандартами України і міжнародними стандартами [1-6]. Ці технологічні параметри безпосередньо впливають на інтенсивність молоковіддачі корови, тривалість доїння та біологічний стан вимені – на захворюваність маститами.

Тому дослідження амплітуди частоти коливання тиску у вакуумній системі доїльної установки в залежності від кількості одночасно працюючих доїльних апаратів дозволить узгодити конструкційно-технологічні параметри пневмовакуумної системи і зменшити витрати енергії на технологічний процес машинного доїння корів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Оцінку стабільності вакуумметричного тиску залежно від способу регулювання у вакуумпроводі або безпосередньо в доїльному апараті здійснювала група дослідників [7]. Порівнювали роботу типового регулятора тиску й автоматизованого, з мікропроцесорним регулюванням та частотою обертання вакуумного насоса за

допомогою системи VSD-контролера. Дослідники відзначають, що стабілізація вакууму регулятором гравітаційного типу є динамічніша, постійна часу удвічі нижча від автоматизованої системи.

Зокрема, типовий регулятор витрачає на відновлення стабільного тиску в середньому 1,69 с, тоді як система VSD-контролером – 3,75 с. Витрати потужності на привід вакуумного насоса під час роботи насоса на номінальному режимі з використанням системи VSD-регулювання вакууму на 24-56 % нижчі, ніж за використання традиційного регулятора [7].

Досліджували коливання вакуумметричного тиску залежно від: а) конфігурації вакуумної і молокопроводної систем (довжина трубопроводів, їх діаметр та інші параметри, що впливають на втрати тиску); б) швидкості потоку молока в молокопроводі; в) швидкості руху повітря у вакуумпроводі [8]. Із зменшенням інтенсивності молоковіддачі вакуумметричний тиск зростає як у вакуум- і молокопроводі, так і в піддійковій камері доїльних стаканів. Абсолютна максимальна амплітуда коливань вакуумметричного тиску становить  $\Delta p_{\max} = 5$  кПа [8].

На коливання вакуумметричного тиску у вакуумній системі впливають динамічні характеристики роботи елементів доїльного апарата, і зокрема тривалість відкачування і наповнення повітрям камер змінного тиску і їх об'єми, що підтверджено дослідженнями [9-16].

Отже кількість повітря, що надійде у вакуумпровід вакуумної системи, залежить від кількості одночасно працюючих доїльних апаратів, збігу в часі такту і фази роботи пульсаторів. При такому збігу імпульс спаду вакуумметричного тиску (імпульс абсолютного тиску) буде максимальним, а тривалість цього імпульсу – мінімальною.

**Мета дослідження.** Метою дослідження є розроблення математичної моделі впливу кількості одночасно працюючих доїльних апаратів, їх збігу в часі такту і фази роботи пульсаторів на амплітуду коливання тиску у вакуумній системі доїльної установки.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Про моделюємо характеристику динамічного коливання вакууму у вакуумпроводі, використовуючи теорію незалежних подій з урахуванням конструкції вакуумпроводу (діаметра і довжини вакуумпроводу).

Для оцінки імовірності появи незалежної події застосуємо теорему Пуассона, при цьому виключаємо одночасність збігу тактів і фаз роботи пульсаторів одночасно працюючих доїльних апаратів, що імовірність появи події  $P(N_{\text{нод}}) \rightarrow 0$ , а також завжди працює хоча б один доїльний апарат, відповідно  $P(N_{\text{нод}}) \neq 0$ . Скористаємось математичними залежностями теореми Пуассона і рівнянням повної імовірності [17, 18].

Імовірність одночасності збігу фаз і тактів роботи доїльних апаратів розрахуємо за формулою:

$$P(N_{\text{нод}}) = P(N_{\text{нод}}^+) \cdot P(N_{\text{нод}}^-), \quad (1)$$



де  $P(N_{n\partial a}^+) = \frac{a_1^{N_{n\partial a}}}{N_{n\partial a}^+} \cdot e^{-a_1}$  – імовірність одночасності і збігу фаз і тактів роботи доїльних апаратів згідно теореми Пуассона [17];

$P(N_{n\partial a}^-) = \frac{a_2^{N_{n\partial a}}}{N_{n\partial a}^-} \cdot e^{-a_2}$  – імовірність неодночасності і незбіжності фаз і тактів роботи доїльних апаратів згідно теореми Пуассона [17];

$a_1 = n_{\partial a} \cdot p(n_{\partial a}^+)$ ,  $a_2 = n_{\partial a} \cdot p(n_{\partial a}^-)$ ;

$n_{\partial a}$  – кількість одночасно працюючих доїльних апаратів, шт.;

$N_{n\partial a}^+$  – кількість одночасно працюючих доїльних апаратів, у яких збігаються в часі такти і фази роботи пульсаторів, шт.;

$N_{n\partial a}^-$  – кількість одночасно працюючих доїльних апаратів, у яких не збігаються в часі такти і фази роботи пульсаторів, шт.;

$p(n_{\partial a}^+)$  – імовірність того, що збігаються в часі такти і фази роботи пульсаторів за  $N_{n\partial a}^+$  одночасно працюючих доїльних апаратів,  $p(n_{\partial a}^+) = N_{n\partial a}^+ / n_{\partial a}$ ;

$p(n_{\partial a}^-)$  – імовірність того, що не збігаються в часі такти і фази роботи пульсаторів за  $N_{n\partial a}^-$  одночасно працюючих доїльних апаратів,  $p(n_{\partial a}^-) = N_{n\partial a}^- / n_{\partial a}$ .

Розрахунок імовірності збігу фаз і тактів роботи пульсаторів при  $n_{\partial a}$  одночасно працюючих доїльних апаратів наведено в табл.

Для моделювання динамічної характеристики зміни вакуумметричного тиску у вакуумпроводі доїльної установки використовуємо зміну кількості повітря у вакуумпроводі. Залежно від типу і марки доїльного апарата, конструкційних параметрів вакуумпроводу, коливання вакуумметричного тиску розраховуємо за формулою, скориставшись рівнянням стану повітря в заданому об'ємі. Кількість повітря на ділянці вакуумпроводу зміниться в часі залежно від кількості одночасно працюючих доїльних апаратів, у яких фази і такти роботи пульсаторів збігаються в часі.

Аналіз результатів моделювання (табл.) показує, що найвища імовірність збігу фаз і тактів роботи пульсаторів за  $n_{\partial a} = 4-8$  одночасно працюючих доїльних апаратів. Тоді кількість збігів фаз і тактів роботи пульсаторів буде в  $N_{n\partial a}^+ = 3-5$  доїльних апаратів, відповідно імовірність збігу становитиме від  $P(N_{n\partial a}^+) = 0,885294$  до  $P(N_{n\partial a}^+) = 0,95773$ . Слід зауважити, що із збільшенням кількості одночасно працюючих доїльних апаратів  $n_{\partial a}$  імовірність збігу та кількість доїльних апаратів, в яких збігаються фази і такти, зростає.

Розрахуємо амплітуду коливання вакуумметричного тиску у вакуумпроводі на ділянці до диференціального регулятора вакууму за формулою:

$$\Delta p_{ВП} = \frac{R_{П} \cdot \Theta \cdot (G_{ВП} + G + G \cdot (N_{n\partial a}^+ - 1) \cdot P(N_{n\partial a}^+))}{V_{ВП}}, \quad (2)$$

де  $G_{ВП}$ ,  $G$  – кількість повітря, що знаходиться у вакуумпроводі і об'ємах змінного вакуумметричного тиску доїльного апарата, розраховується за рівнянням, приведеними в [10], кг;

$V_{ВП}$  – об’єм вакуумпроводу доїльної установки, розраховується згідно конструкційних розмірів для конкретної марки доїльної установки, м<sup>3</sup>.

Таблиця 1 – Імовірність збігу фаз і тактів роботи пульсаторів при  $n_{да}$  одночасно працюючих доїльних апаратів

$n_{да}$	$N_{нда}$	$p(n_{да}^+)$	$p(n_{нда}^-)$	$a_1$	$a_2$	$P(N_{нда}^+)$	$P(N_{нда}^-)$	$P(N_{нда})$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	2	0,666667	0,333333	2	1	0,857123	0,919699	0,788295
3	3	1	0	3	0	0,647232	1	0,647232
4	2	0,5	0,5	2	2	0,947347	0,947347	0,897466
4	3	0,75	0,25	3	1	0,815263	0,99634	0,81228
4	4	1	0	4	0	0,628837	1	0,628837
5	2	0,4	0,6	2	3	0,983436	0,916082	0,900908
5	3	0,6	0,4	3	2	0,916082	0,983436	0,900908
5	4	0,8	0,2	4	1	0,78513	0,999406	0,784664
5	5	1	0	5	0	0,615961	1	0,615961
6	2	0,333333	0,666667	2	4	0,995466	0,889326	0,885294
6	3	0,5	0,5	3	3	0,966491	0,966491	0,934106
6	4	0,666667	0,333333	4	2	0,889326	0,995466	0,885294
6	5	0,833333	0,166667	5	1	0,762183	0,999917	0,76212
6	6	1	0	6	0	0,606303	1	0,606303
7	2	0,285714	0,714286	2	5	0,998903	0,866628	0,865678
7	3	0,428571	0,571429	3	4	0,988095	0,948866	0,937571
7	4	0,571429	0,428571	4	3	0,948866	0,988095	0,937571
7	5	0,714286	0,285714	5	2	0,866628	0,998903	0,865678
7	6	0,857143	0,142857	6	1	0,74398	0,99999	0,743972
7	7	1	0	7	0	0,598714	1	0,598714
8	2	0,25	0,75	2	6	0,999763	0,847237	0,847036
8	3	0,375	0,625	3	5	0,996197	0,931906	0,928362
8	4	0,5	0,5	4	4	0,978637	0,978637	0,95773
8	5	0,625	0,375	5	3	0,931906	0,996197	0,928362
8	6	0,75	0,25	6	2	0,847237	0,999763	0,847036
8	7	0,875	0,125	7	1	0,729091	0,999999	0,72909
8	8	1	0	8	0	0,592547	1	0,592547

Результати моделювання наведено на рис. 1.

Аналіз результатів моделювання коливань вакуумметричного тиску показує, що максимальна амплітуда його коливань з частотою 1 Гц не перевищує  $\Delta p_{ВП} = 1,4$  кПа для вакуумпроводу діаметром  $D = 40$  мм із імовірністю  $P(N_{нда}) = 0,76212$ . Для вакуумпроводу діаметром  $D = 25,4$  мм максимальна амплітуда коливань вакуумметричного тиску становить  $\Delta p_{ВП} = 3,03$  кПа з імовірністю  $P(N_{нда}) = 0,628837$ .

Для кількості доїльних апаратів одночасно працюючих з максимальною імовірністю збігу в часі тактів і фази роботи пульсаторів коливання вакуумметричного тиску не перевищує  $\Delta p_{ВП} = 2$  кПа. За діаметра вакуумпроводу  $D = 50$  мм коливання вакуумметричного тиску  $\Delta p_{ВП} = 800-812$  Па з максимальною імовірністю  $P(N_{нда}) = 0,93757-0,95773$ .

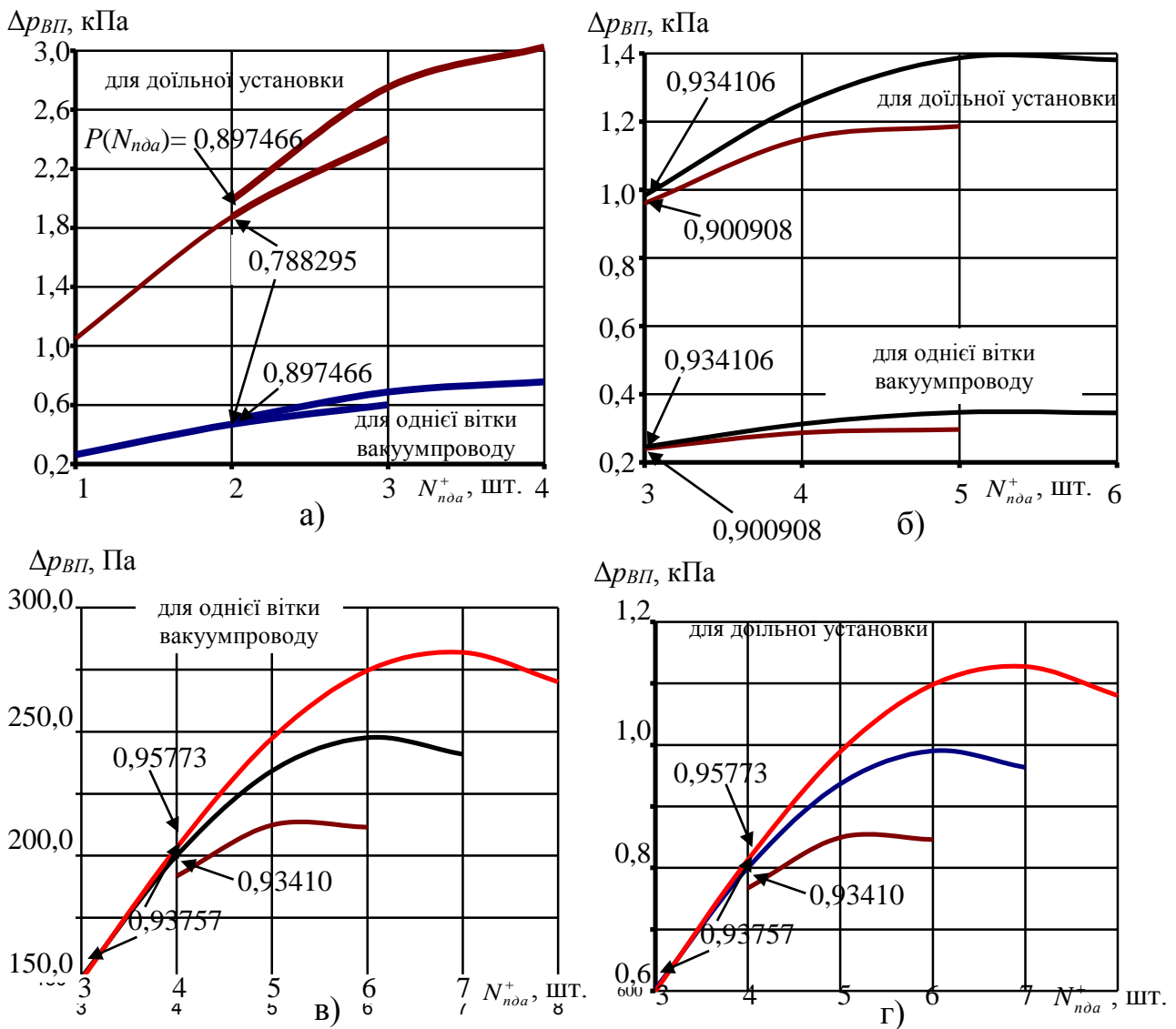


Рис. 1 – Графіки моделювання коливання вакуумметричного тиску  $\Delta p_{ВП}$  у вакуумпроводі доїльної установки доїння у корівнику залежно від кількості доїльних апаратів  $N_{нда}^+$  зі збігом в часі тактів і фази роботи пульсаторів з імовірністю  $P(N_{нда})$  за діаметра  $D$  вакуумпроводу:

а –  $D = 25,4$  мм, доїльний апарат АДУ-1; б –  $D = 40$  мм, доїльний апарат з пневмоелектромагнітним пульсатором попарної дії; в, г –  $D = 50$  мм, доїльний апарат з пневмоелектромагнітним пульсатором попарної дії

Можна констатувати, що максимальні коливання вакууму у вакуумпроводі доїльної установки доїння у корівниках з частотою 1 Гц не перевищують допустимі параметри ( $[\Delta p_{ВП}] \leq 2,5$  кПа).

Графічна залежність зміни амплітуди коливання вакуумметричного тиску  $\Delta p_{ВП}$  від кількості одночасно працюючих доїльних апаратів  $N_{нда}^+$  зі збігом в часі тактів і фази роботи пульсаторів з імовірністю  $P(N_{нда})$  та діаметра  $D$  вакуумпроводу наведена на рис. 2.

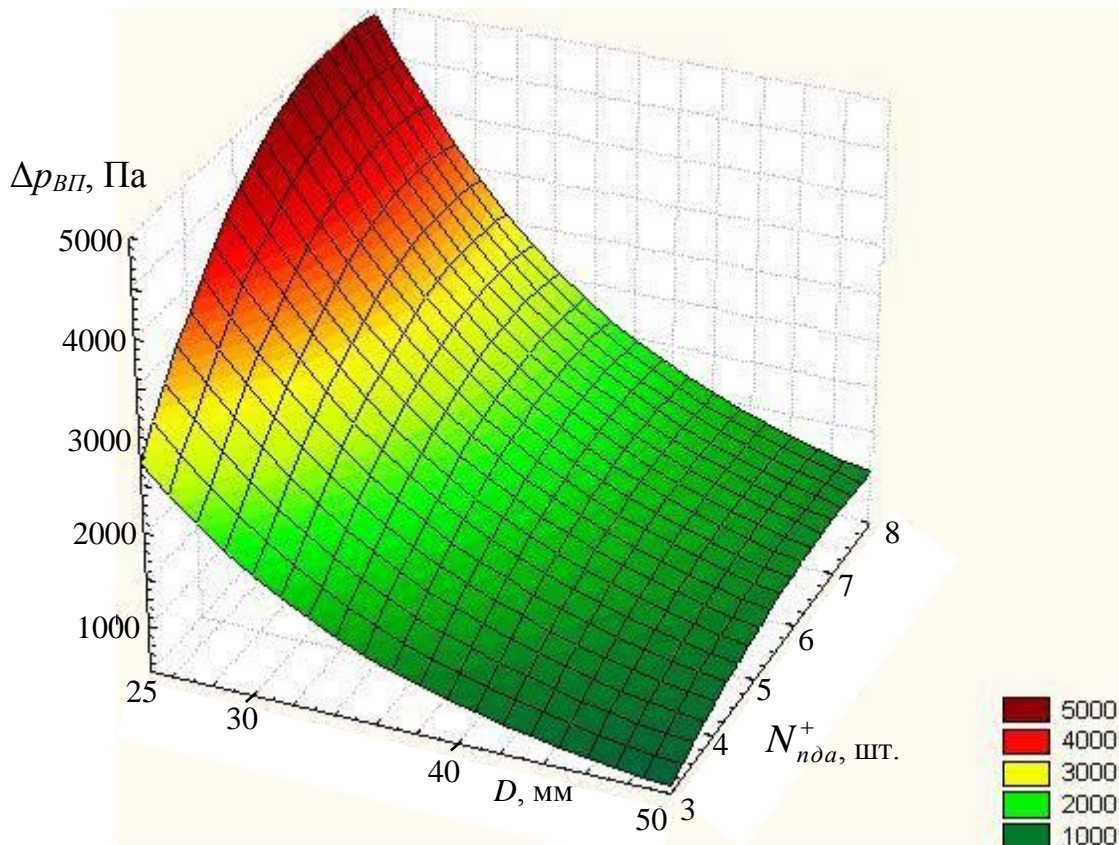


Рис. 2 – Залежність зміни амплітуди коливання вакуумметричного тиску  $\Delta p_{ВП}$  від кількості одночасно працюючих доїльних апаратів  $N_{нда}^+$  зі збігом в часі тактів і фази роботи пульсаторів та діаметра  $D$  вакуумпроводу

Аналіз результатів моделювання показує, що при  $N_{нда}^+ = 8$  із  $n_{да} = 8$  з імовірністю збігу в часі тактів і фази роботи пульсаторів  $P(N_{нда}) = 0,592547$  амплітуда коливань вакуумметричного тиску становитиме  $\Delta p_{ВП} = 4,72$  кПа за діаметра вакуумпроводу доїльної установки  $D = 25,4$  мм. За діаметра вакуумпроводу  $D = 50$  мм при цій самій кількості доїльних апаратів амплітуда коливань вакуумметричного тиску становитиме  $\Delta p_{ВП} = 1,08$  кПа. Найвища імовірність збігу в часі тактів і фази роботи пульсаторів  $P(N_{нда}) = 0,95773$  за  $N_{нда}^+ = 4$  апарати, тоді амплітуда коливань вакуумметричного тиску становитиме  $\Delta p_{ВП} = 3,55$  кПа за один такт роботи пульсатора (частота 1,0 Гц) за діаметра вакуумпроводу доїльної установки  $D = 25,4$  мм і  $\Delta p_{ВП} = 0,81$  кПа за  $D = 50$  мм.

**Висновок.** Із збільшенням кількості одночасно працюючих доїльних апаратів імовірність збігу та кількість доїльних апаратів, в яких збігаються фази і такти, та амплітуда коливань тиску – зростають. Із збільшенням діаметра вакуумпроводу амплітуда коливань вакуумметричного тиску зменшується.

Вихідним параметром для моделювання роботи елементів вакуумної системи доїльної установки є амплітуда коливань вакуумметричного тиску від  $\Delta p_{ВП} = 3,55$  кПа з частотою 1 Гц за діаметра вакуумпроводу доїльної установки  $D = 25,4$  мм до  $\Delta p_{ВП} = 0,81$  кПа за  $D = 50$  мм, або  $\Delta p_{ВП} = 1,48-2,4$  кПа з частотою 1,0-1,3 Гц.

## Список використаних джерел

1. ISO 3918. Milking machine installations – Vocabulary. – Geneva, Switzerland: The International for Standardization Organization, 2007. – 42 p.
2. ISO 5707. Milking machine installations – Construction and performance. – Geneva, Switzerland: The International for Standardization Organization, 2007. – 52 p.
3. ISO 6690. Milking machine installations – Mechanical tests. – Geneva, Switzerland: The International for Standardization Organization, 2007. – 46 p.
4. ASAE. Test Equipment and Its Application for Measuring Milking Machine Operating Characteristics, ASABE EP445.1: Standard by The American Society of Agricultural and Biological Engineers, 1996.
5. ASAE. Milking machine installations – construction and performance, ASAE S518: Standard by the American Society of Agricultural and Biological Engineers, 1996.
6. Reinemann D. J. New Standards for Sizing Milklines / D. J. Reinemann, G. A. Mein // University of Wisconsin Milking Research and Instruction Laboratory [Electronic resource]. – Mode of access: [http://www.uwex.edu/uwmril/pdf/Milk\\_Machine/Design/96\\_UWEX\\_MILKLINE\\_Size.pdf](http://www.uwex.edu/uwmril/pdf/Milk_Machine/Design/96_UWEX_MILKLINE_Size.pdf). - Дата звернення: 03.08.2015.
7. Dry tests of vacuum stability in milking machines with conventional regulators and adjustable speed vacuum pump controllers / A. Pazzona, L. Murgia, L. Zanini [et all] // ASAE Annual International Meeting, Riviera Hotel and Convention Center, Las Vegas, Nevada, USA, 2003 [Electronic resource]. – Mode of access: [http://www.academia.edu/14281287/Dry\\_Tests\\_of\\_Vacuum\\_Stability\\_in\\_Milking\\_Machines\\_with\\_Conventional\\_Regulators\\_and\\_Adjustable\\_Speed\\_Vacuum\\_Pump\\_Controllers](http://www.academia.edu/14281287/Dry_Tests_of_Vacuum_Stability_in_Milking_Machines_with_Conventional_Regulators_and_Adjustable_Speed_Vacuum_Pump_Controllers). - Дата звернення: 03.08.2015.
8. Reinemann D. J. Methods for Measuring and Interpreting Milking Vacuum / D. J. Reinemann, N. Schuring, R. D. Bader // Sixth International ASABE Dairy Housing Conference, Minneapolis, Minnesota, USA, 2007 [Electronic resource]. – Mode of access: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.460.8152>. - Дата звернення: 12.08.2015.
9. Дмитрів І. В. Аналіз статичних і динамічних параметрів доїльних апаратів / І. В. Дмитрів // Теоретичні основи і практичні аспекти використання ресурсощадних технологій для підвищення ефективності агропромислового виробництва і розвитку сільських територій : матеріали Міжнар. наук.-практ. форуму. – Львів, 2013. – С. 222-230.
10. Дмитрів В. Модель витрати повітря елементами доїльного апарата / В. Дмитрів // Вісник Львівського державного аграрного університету : агроінженерні дослідження. – 2006.– № 10.–С. 483-488.
11. Дмитрив В. Моделирование времени истечения воздуха из ограниченного пространства / В. Дмитрив, И. Дмитрив // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin-Rzeszow. – 2013. – Vol. 15, № 4. – P. 193-197.

12. Дмитрів В. Т. Результати експериментальних досліджень тривалості наповнення повітрям системи “доільний стакан-пульсатор” / В. Т. Дмитрів, В.В. Адамчук, І.В. Дмитрів // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України : техніка та енергетика АПК. – К., 2015. – Вип. 212/2. – С. 142-148.
13. Дмитрів В. Т. Часові характеристики роботи пневмоелектромагнітного пульсатора попарної дії / В. Т. Дмитрів, Ю. М. Лаврик // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України : техніка та енергетика АПК. – К., 2015. – Вип. 212/2. – С. 178-185.
14. Adamchuk V. Experimental studies of duration of air pumping out from the “TEAT CUP – PULSATOR” system / V. Adamchuk, V. Dmytriv, I. Dmytriv // An International quarterly journal on economics in technology, new technologies and modeling processes. – Lublin-Rzeszow, 2015. – Vol. 4, № 4. – P. 3-6
15. Адамчук В. Адаптивный доильный аппарат с пневмоэлектромагнитным пульсатором / В. Адамчук, В. Дмитрив, И. Дмитрив // Motrol. Commission of motorization and energetics in agriculture. – Lublin-Rzeszow, 2015. – Vol 17, № 9. – P. 83-87.
16. Дмитрив В. Адаптивный доильный аппарат с пневмоэлектромагнитным пульсатором / В. Дмитрив, В. Адамчук, И. Дмитрив // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – Lublin-Rzeszow, 2015. – Vol. 17, № 9. – P. 83-87.
17. Овчинников П. Ф. Высшая математика: учеб. пособие / П. Ф. Овчинников, Б. М. Лисицын, В. М. Михайленко ; под общ. ред. П. Ф. Овчинникова. – К. : Вища шк., 1989. – 679 с.
18. Бронштейн И. Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов / И. Н. Бронштейн, К. А. Семендяев. – М. : Наука; Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 544 с.

## **Аннотация**

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ ДАВЛЕНИЯ ВАКУУМНОЙ СИСТЕМЫ ДОИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ**

Дмитрив В.Т., Дмитрив И.В.

*Рассмотрены вопросы моделирования характеристик динамического колебания вакуума в вакуумном проводе, используя теорию независимых событий с учетом конструкции вакуумного провода. Приведена оценка вероятности появления независимого события используя теорему Пуассона, оценена вероятность одновременного совпадения тактов и фаз работы пульсаторов одновременно работающих доильных аппаратов на основании уравнения полной вероятности. Разработана аналитическая зависимость колебаний амплитуды вакуумметрического давления на участке вакуумного провода. Приведен анализ амплитудно-частотного колебания давления вакуумной системы доильной установки. С увеличением количества одновременно работающих доильных аппаратов вероятность совпадения и*

количество доильных аппаратов, в которых совпадают фаза и такт, увеличивается. Анализ результатов моделирования показывает, что с увеличением количества доильных аппаратов амплитуда колебаний вакуумметрического давления увеличивается, а с увеличением диаметра вакуумного провода амплитуда колебаний давления уменьшается.

## **Abstract**

### **MODELING PRESSURE FLUCTUATIONS VACUUM SYSTEM MILKING MACHINES**

V. Dmytriv, I. Dmytriv

*The problem of modeling the characteristics of dynamic fluctuations of vacuum in the vacuum wire, using the theory of independent events with regard to the design of vacuum wire. An independent assessment of the probability of occurrence of events using Poisson theorem, assessed the probability of simultaneous coincidence of cycles and phases of pulsators simultaneous milking machines based on the total probability equation. The analytical dependence of the oscillation amplitude vacuum pressure vacuum section wire. The analysis of amplitude-frequency pressure fluctuations in the vacuum system of the milking installation. With the increased number of simultaneous milking machines nda probability of coincidence and the number of milking machines, in which the same phases and cycles increases. Analysis of simulation shows that with the number of milking machines vacuum pressure amplitude increases and with increasing wire diameter vacuum pressure amplitude decreases.*

## МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ПАСИВНИХ МЕХАНІЧНИХ ПІДВІСОК СІДІНЬ ОПЕРАТОРІВ МОБІЛЬНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

Лук'яненко В.М. доц. к.т.н., Жиліна О.О. ст.викл., Кісь В.М. к.т.н., доц.  
*Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка*

*Стаття присвячена аналізу літературних джерел та публікацій щодо методів розрахунку вібронавантаження робочого місця оператора мобільних сільськогосподарських машин.*

**Вступ.** Проблема підресорювання сидіння в тракторах і інших самохідних машинах виникла як самостійна, оскільки підвіска остову з ряду причин (компонувальних, конструктивних, технологічних, експлуатаційних) не забезпечує при збільшених швидкостях руху машини необхідного рівня низькочастотної вібрації на робочому місці оператора. Враховуючи це, сидіння для самохідних машин і тракторів повинні бути виконані так, щоб додатково понизити дії коливань оператора, тобто мати віброзахисну підвіску, що встановлюється між джерелом вібрації (підлога кабіни) і об'єктом віброізоляції (оператор).

Найбільш поширені на самохідних машинах сидіння з пасивними підвісками, що сприймають сили і моменти, які передаються від підлоги кабіни сидінню за допомогою трьох елементів: пружного, гасильного і направляючого.

**Аналіз останніх публікацій** показав, що при розрахунку параметрів пасивної підвіски серійного сидіння тракторів Т-150К і модифікацій не враховувався вплив на рівень коливань таких факторів, як сила сухого тертя, демпфування, хід підвіски і поєднання їх при різних варіантах вхідної дії.

**Мета.** Визначення оптимального методу розрахунку пасивних механічних підвісок сидінь операторів мобільних сільськогосподарських машин.

**Вказана мета досягається** шляхом розрахунку коливальних систем при випадковій збуджуючій дії. Для опису вхідних дій і реакції віброзахисної системи використовується спектральна щільність прискорень або переміщень, ефективність роботи оцінюється передавальними функціями.

Питання синтезу віброзахисних систем розглянуті в роботі В.П. Рослякова [1].

Виходячи із запропонованої в [1] класифікації, під інженерним синтезом системи мається на увазі створення системи, що забезпечує оптимальне значення критерію якості її роботи шляхом зміни параметрів системи в допустимих конструкцією межах і рекомендується наступна його послідовність:

- 1) формулювання критерію якості;
- 2) вибір раціональної конструкції системи, що задовольняє додатковим (не пов'язаним з критерієм якості) умовам (технологічність, ступінь уніфікації, простота експлуатації, вартість і так далі);



- 3) визначення допустимих меж зміни параметрів;
- 4) визначення збуджуючої дії (вхідних величин);
- 5) визначення динамічних властивостей системи в цілому і її окремих ланок;
- 6) оцінка впливу різних параметрів на критерій оптимальності і оптимізація параметрів системи;
- 7) проектування оптимальної системи і її випробування;

Крім того, питання синтезу віброзахисних систем з урахуванням накладених обмежень розглядаються в роботах Волошина П.Л., Фалесовой Е.Н. [2], Ганієва Р.Ф. і Фролова К.В. [3], Жигарева В.П. і ін. [4], Ларіна В.Б. [5], Силаєва А.В. [6].

Необхідно відзначити, що для віброзахисної підвіски тракторного сидіння найбільш характерним виглядом збуджуючої дії є кінематична, тобто випадок, коли віброізольована маса отримує зсув в результаті коливань основи (підлоги кабіни) в місці кріплення підвіски сидіння. Методи розрахунку коливань лінійної одномасової системи при кінематичній синусоїдальній дії розроблені Дзе Ф.С. із співавторами [7], Добріковим Б.А., Пілатовим Г.А., Целіковим Ю.П., Шуваловим Е.А. [8, 9], Аніловічем В.Я. [10].

Проте в даних моделях не враховувався такий невід'ємний чинник конструкції підвіски, як сухе тертя в шарнірах. Крім того, необхідно враховувати нелінійний характер пружних сил, обумовлений наявністю жорстких і пружних упорів, застосуванням нелінійних пружних елементів.

Аналітичному дослідженню коливальних систем з сухим тертям і нелінійними характеристиками поновлюючої сили присвячені роботи Буніна Н.І. і Ліпської М.Е. [11, 12], Ротенберга Р.В. [13], Рослякова В.П. [11], Маліновського Е.Ю. і Гайцгорі М.М. [14], Вульфсона І.І. і Коловського М.З. [15]. У цих роботах розглядаються моделі систем з пружними елементами, що мають кусочно-лінійні характеристики. Такі характеристики мають більшість реальних систем. Для можливості аналітичного вирішення диференціальних рівнянь, що описують коливання нелінійних систем, проводиться гармонійна лінеаризація нелінійних членів рівняння. В той же час в роботі [15] показано, що кусочно-лінійні характеристики не можуть бути лінеаризовані поблизу точок зламу.

Одним з шляхів синтезу оптимальних віброзахисних систем є введення додаткових структурних елементів, що поліпшують якість віброзахисту.

Зміні властивостей механічних систем при накладенні додаткових зв'язків присвячені роботи Елісеєва С.В. і Баландіна О.А. [16], Розенберга Д.Е. і ін. [17], Чихладзе З.Б. [18].

Динамічні властивості таких систем оцінювалися по їх амплітудно-частотних характеристиках. Аналіз результатів розрахунку, приведений в роботі [16] показав, що такі системи дають значне зниження рівня коливань в одній точці частотного діапазону і значне збільшення в останніх, можливість виникнення другого резонансу і ускладнення підвісу.

Слід зазначити, що всі аналітичні залежності, з описаних вище методів розрахунку, отримані в припущенні, що коливання на вході підвіски змінюються по гармонійному закону, хоча реальний процес збуджуючої дії, в загальному

випадку, є випадковим.

Методи розрахунку коливальних систем при випадковій збуджуючій дії розглядаються в роботах Маслова І.Т. [19, 20], Ларіна в.Б. [5], Синева А.В. [21] і інших авторів [22-30].

Для опису вхідних дій і реакції віброзахисної системи використовується спектральна щільність прискорень або переміщень, ефективність роботи оцінюється передавальними функціями [31].

Прискорення на подушці сидіння розраховуються по залежності:

$$\ddot{z}_c^2 = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S_c(\omega) / \Phi_c(j\omega) /^2 d\omega, \quad (1)$$

де  $S_c(\omega)$  - спектральна щільність прискорень точки остову в місці установки сидіння;  
 $/ \Phi_c(j\omega) /$  – модуль передавальної функції сидіння.

Питання отримання оптимальних передавальних функцій розглядаються в роботі [21].

Однією з важливих причин низької ефективності віброзахисту шляхом підресорювання сидіння оператора є відсутність можливості пов'язати при розрахунку параметри сидіння і трактора в цілому.

Таке положення виникло через відсутність об'єктивних даних про спектральний склад і рівні коливань на вході підвіски сидіння за різних умов експлуатації трактора з урахуванням збуджуючої дії ґрунтово-дорожніх фонів.

**Висновки.** Синтез системи віброзахисту з використанням основних чинників, що впливають на рівень коливань (жорсткість підвіски з лінійними і нелінійними характеристиками пружних елементів, сил сухого тертя і рідинного демпфування, ходу підвіски) при обліку спектральних характеристик і рівнів коливань тракторів Т-150К і Т-150КМ дозволить реалізувати раціональні параметри в пасивній підвісці, конструктивно і технологічно достатньо простій і економічній.

## Список використаних джерел

1. Росляков В.П. Теория колебаний и устойчивости колесных машин при случайных возмущениях. Дис. ... д-ра техн. наук, -Курск, 1969, - 299 с.
2. Волошин П.Л., Фалеева Е.Н. К вопросу оптимизации параметров подвески колесного трактора. - Тракторы и с.х. машины, 1974, № 3, с. 1-4.
3. Ганиев Р.Ф., Фролов К.В. К задаче виброамортизации приборов и машин в нелинейной постановке. - В кн.: Колебания и устойчивость машин, приборов и элементов систем управления. - М.: Наука, 1968. -222 с.
4. Жигарев В.П. Определение оптимальной передаточной функции подвески транспортных машин. - Труды МАДИ, 1974, вып. 91. Устойчивость управляемого движения автомобиля.
5. Ларин В.Б. Статистические задачи виброзащиты. - Киев: Наукова думка, 1974. - 127 с.
6. Силаев А.В. Спектральная теория подресоривания транспортных машин.

- М.: Машиностроение, 1972. - 190 с.
7. Дзе Ф.С., Морзе И.Е., Хинкл Р.Т. Механические колебания. - М.: Машиностроение, 1966, с.80-82.
  8. Добряков Б.А., Целиков Ю.П., Шувалов Е.А. Выбор параметров поддрессирования сиденья тракториста. - Сборник трудов научно-технической конференции. Автомобильный транспорт. Сер. Автомобили и двигатели, вып. ХУП. Хабаровск, 1970, с.54-61.
  9. Пилатов Г.А., Добряков Б.А., Целиков Ю.П. Снижение интенсивности низкочастотных колебаний, действующих на водителя при работе на мощных колесных тракторах. Записки ЛСХИ, Л., 1969, т.13. Механизация сельскохозяйственного производства, с. 112-122.
  10. Анилович В.Я. Метод расчета колебаний скоростных тракторов при езде по неровностям. - Тракторы и сельхозмашины, 1963, №12, с. 7 - 10, 1965, № 6, с. 15-18.
  11. Бунин Н.И., Липская М.Э. Методы расчета низкочастотных колебаний рабочих мест колесных тракторов. Методика. - М.: ВНИИИНАШ, 1971. - 51с.
  12. Липская М.Э. О поведении нелинейной колебательной системы при гармоническом возбуждении. -Изд. АН СССР. Сер. машиноведение, 1977, № 3, с. 22-24.
  13. Ротенберг Р.В. Подвеска автомобиля. -М.: Машиностроение, 1972. -300 с.
  14. Малиновский Е.Ю., Гайцгори М.М. Динамика самоходных машин с шарнирной рамой. - М.: Машиностроение, 1974. - 94 с.
  15. Вульфсон И.И., Коловский М.З. Нелинейные задачи динамики машин. - Л.: Машиностроение, 1968. - 282 с.
  16. Елисеев С.А., Баландин О.А. О влиянии связей по ускорению на динамические свойства механических систем. - Изд. АН СССР. Сер. Машиноведение, 1974, № 2, с.16-19.
  17. Розенберг Д.Е., Синев А.В., Степанов Ю.В. Оценка предельных возможностей виброзащиты человека - оператора для некоторых схем поддрессирования тракторных сидений. - Изд. АН СССР. Сер. Машиноведение, 1977, № 2, с. 34-40.
  18. Чихладзе З.В. Определение виброзащитных свойств поддрессированных сидений с учетом динамических характеристик тела человека-оператора. - Дис. ... канд. техн. наук. - М., 1977. - 148с .
  19. Маслов И.Т. Выбор характеристик поддрессорирующей системы сиденья автомобиля при случайных нагрузках. - Автомобильная промышленность, 1976, № 9, с. 19-20.
  20. Маслов И.Т. Расчет нелинейной подвески сиденья автомобиля при случайных возмущениях. - Автомобильная промышленность, 1976, №7, с. 27-28.
  21. Синев А.В. Оптимальные спектральные плотности входных случайных воздействий для пассивных и активных виброзащитных систем. - Машиноведение, 1973, № 1, с. 14-20.
  22. Нахтигаль М.Г. Исследование поддрессирования сиденья колесного трактора при случайных возмущениях: Автореф. ... дис. ... канд. техн. наук. - Воронеж, 1970. - 18 с.

23. Анилович В.Я. Статистическая теория подрессоривания машинно-тракторных агрегатов: Автореф. ... дис. ... д-ра техн. наук, М.: 1967, 36 с.
24. Лурье А.Б. Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов. 2-е изд., перераб. и дополн. - М.: Колос, 1981, -382с.
25. Анилович В.Я. Анализ и синтез систем подрессоривания машинных агрегатов при случайных воздействиях. - Труды семинара по теории механизмов и машин. Харьков: изд-во ХГУ, 1966, вып. 2, - 138 с.
26. Гольдштейн В.Д. Снижение низкочастотных колебаний рабочего места оператора свеклоуборочного комбайна.: Автореф, ...дис. ... канд. техн. наук, - М.:, 1977, 18 с.
27. Росляков В.П., Сверчков В.П. Случайные колебания колесного трактора под влиянием микрорельефа. - Труды Курского СХИ, Курск, 1969, вып. 5, с. 133-139.
28. Сверчков В.П. К вопросу о спектре вертикальных колебаний колесного трактора. - Труды Курского СХИ. Курск, 1969, вып. 5, с. 133-139.
29. Цвик Б.Д. Исследование системы активной виброзащиты тракториста при случайном воздействии: Автореф. ... дис, ... канд. техн. наук. - М.: 1976, - 23с.
30. Заяц Я.И. Исследование колебаний водителей сельскохозяйственных тракторов при движении по полям случайных профилей и проблемы эффективности виброзащиты. - В кн.: Влияние вибрации различных спектров на организм человека и проблемы вибрации. М.: Наука, 1972, с. 13-17.
31. Барский И.Б., Анилович В.Я., Кутьков Г.М. Динамика трактора. - М.: Машиностроение, 1973. - 280 с.

## **Аннотация**

### **МЕТОДЫ РАСЧЕТА ПАССИВНЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ ПОДВЕСОК СИДЕНИЙ ОПЕРАТОРОВ МОБИЛЬНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН**

Лукьяненко В.М., Жилина Е.А., Кись В.Н.

*Статья посвящена анализу литературных источников и публикаций, которые касаются методов расчета вибронегруженности рабочего места оператора мобильных сельскохозяйственных машин.*

## **Abstract**

### **METHODS OF CALCULATION PASSIVE MECHANICAL PENDANTS OF OPERATORS SEATS MOBILE AGRICULTURAL MACHINES**

V. Lukyanenko, E. Zhilina, V. Kys

*The article is devoted to the analysis of literary sources and publications which touch the methods of oscillation loading workplace operator of mobile agricultural machines.*

## ПОВЫШЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ГОТОВНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ОПЕРАЦИЙ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ КРУПНОГАБАРИТНОЙ ПРОДУКЦИИ

Полянский А.С., д.т.к, проф.,

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства  
имени Петра Василенко*

Клец Д.М. д.т.н., проф., Дубинин Е.А., к.т.н., доц., В.Н. Плетнев, асп.

*Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет*

*Обоснован коэффициент готовности выполнения транспортных операций, который позволяет оценить вероятность выполнения работы в заданное время с учётом технического состояния и интенсивности аварийных ситуаций на дороге, обусловленных устойчивостью движения подвижного состава. Результаты исследований могут быть использованы для разработки рекомендаций по снижению простоев транспортных операций при изготовлении крупногабаритной продукции машиностроительных предприятий.*

*Ключевые слова: технологический транспорт, техническое состояние, устойчивость, коэффициент готовности, выполнение задания.*

**Введение.** Технологический транспорт, включающий в себя специализированный подвижной состав на базе грузовых автомобилей, является одним из элементов разновидности системы ВАДС, а именно системы "водитель – технологический автомобиль – дорога – производственный процесс машиностроительного предприятия" (ВТАДПП). Надежность указанной системы определяет эффективность и устойчивость работы машиностроительного предприятия.

Понятие надежности – сохранения качества функционирования объекта во времени – может быть применено к каждому из элементов системы ВТАДПП. При этом необходимо учитывать конкретные особенности каждого из элементов этой системы [1–15].

Надежность системы ВТАДПП в целом отличается от совокупности надежности ее элементов влиянием различных связей, которые могут быть не только межэлементными, но и внутриэлементными или межсистемными [1].

**Анализ последних достижений и публикаций.** Учет воздействия по связям, в частности – по межэлементным, создает дополнительные возможности повышения надежности того или иного элемента или системы в целом [1]. Связи многообразны: одни могут быть оценены количественно, другие учитываются только качественно, существование третьих можно лишь предположить [1]. Отсюда и возникает необходимость исследовать и совершенствовать методы повышения надежности системы ВАДС вообще и системы ВТАДПП в

частности. Актуальной является проблема управления надежностью парка технологических машин купного машиностроительного предприятия в двух аспектах – техническом и экономическом.

Технический аспект управления надежностью парка технологических машин крупного машиностроительного предприятия включает в себя управление собственно надежностью автомобилей (как отдельной системы) и надежность транспортного процесса, в котором дорожно-транспортные происшествия можно считать случайными (внезапными) отказами [1].

Исследования межэлементных связей в подсистеме "водитель – технологический автомобиль – дорога" (без производственного процесса) создает возможности повышения надежности водителя, как управляющего звена указанной подсистемы [1,8–14].

Улучшение показателей эксплуатационных свойств (тягово-скоростных, маневренности, устойчивости, управляемости, плавности хода) облегчает управление автомобилями, снижая затраты энергии водителя. Это позволит снизить утомляемость водителя и повысить надежность транспортного процесса [1,8–10].

Экономическая составляющая проблемы обеспечения надежности ВТАДПП является одной из наиболее важных при формировании системы управления надежностью производственного процесса крупных машиностроительных предприятий. Решение экономических вопросов управления надежностью системы ВТАДПП включает в себя рациональный выбор подвижного состава (по экономическим критериям), рациональное управление его техническим состоянием [16–19], снижение эксплуатационных затрат, снижение экономических потерь от ДТП.

**Цель и постановка задачи.** Целью исследования является анализ и обобщение результатов теоретических и экспериментальных исследований, разработка рекомендаций по повышению надёжности и безопасного использования технологического транспорта крупного машиностроительного предприятия при выполнении транспортных работ.

Для достижения поставленной цели сформулированы следующие задачи исследования:

– оценить весомость и взаимосвязь интенсивности отказов, связанных с техническим состоянием технологического транспорта, и интенсивности отказов, связанных с дорожно-транспортными происшествиями, которые можно считать случайными (внезапными) отказами;

– разработать рекомендации по повышению коэффициента готовности транспортных технологических операций.

**Повышение коэффициента готовности выполнения транспортных операций.** Обеспечение надёжности выполнения транспортной работы, а именно – своевременной доставки продукции из одного цеха в другой (в соответствии с технологическим процессом изготовления крупногабаритной продукции) является важным условием устойчивой работы крупного машиностроительного предприятия.

Показателем надёжности (безотказности) технологического процесса, в

данном случае, будет являться вероятность доставки из пункта А (цех А) в пункт Б (цех Б) изделия в заданное время  $T$ . При этом подразумевается отсутствие неустранимых отказов, а устранимые отказы устраняются за время  $t$ . Время  $t$  не должно превышать предельно допустимое время  $[t]$  по условию нормальной работы предприятия. В работе [20] надёжность протекания подобных процессов оценивается коэффициентом выполнения задания, который представляет собой вероятность успешного решения задания

$$K_{Гр} = \exp(-\lambda T e^{-\mu}), \quad (1)$$

где  $\lambda$  – интенсивность возникновения отказов;  
 $\mu$  – интенсивность обслуживания.

Рассмотрим надёжность выполнения транспортной работы с учётом соотношения (1).

Предполагается, что за время перевозки  $T$  груза из цеха А в цех Б (время выполнения транспортной операции) возникает суммарная интенсивность отказов  $\lambda_{\Sigma}$ , определяемая как

$$\lambda_{\Sigma} = \lambda_o + \lambda_y, \quad (2)$$

где  $\lambda_o$  – интенсивность отказов, связанных с техническим состоянием подвижного состава;  
 $\lambda_y$  – интенсивность аварийных ситуаций на дороге, связанных с потерей устойчивости подвижного состава.

Различие в вероятности возникновения отказов при выполнении груженой и порожней езды можно учесть введением коэффициента учета загрузки машины  $k_3$ , полученного на основании обработки статистических данных, предоставленных предприятием.

С учётом коэффициента загрузки  $k_3$  уравнение (1) можно преобразовать к виду

$$K_{Гр} = \exp\left[-(\lambda_o + \lambda_y) \cdot T \cdot k_3 \cdot e^{-\mu_1 t_1 - \mu_2 t_2 - \mu_3 t_3}\right], \quad (3)$$

где  $\mu_1$  – интенсивность обслуживания при отказах автопоезда;  
 $\mu_2$  – интенсивность обслуживания при аварийных ситуациях, связанных с потерей устойчивости в плоскости дороги;  
 $\mu_3$  – интенсивность обслуживания при аварийных ситуациях, связанных с потерей устойчивости положения;  
 $t_1$  – предельное время обслуживания при отказах автопоезда;  
 $t_2$  – предельное время обслуживания при аварийных ситуациях, связанных с потерей устойчивости в плоскости дороги;  
 $t_3$  – предельное время обслуживания при аварийных ситуациях, связанных с потерей устойчивости положения.

Наиболее весомыми являются аварийные ситуации, связанные с потерей устойчивости положения. При этом на устранение их последствий затрачиваются наибольшие временные и материальные ресурсы. Более простыми для устранения являются аварийные ситуации, связанные с потерей устойчивости в плоскости дороги. При этом возможны смещения крупногабаритных грузов, установленных на автопоезде, которые могут в дальнейшем привести к потере устойчивости.

Поперечную устойчивость груженого автомобиля возможно оценить известным соотношением для определения угла статической устойчивости  $\alpha$  [21, 22].

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{B}{2 \cdot h_c}, \quad (4)$$

где  $h_c$  – высота центра масс системы ”автомобиль-груз”;  
 $B$  – колея автомобиля.

Высота центра масс системы ”автомобиль-груз” (рис.1)  $h_c$  определяется из следующего выражения

$$h_c = \frac{h_a \cdot m_a + h_{gp} \cdot m_{gp}}{m_a + m_{gp}}, \quad (5)$$

где  $h_a$  – высота центра масс автомобиля;  
 $h_{gp}$  – высота центра масс груза;  
 $m_a$  – масса автомобиля;  
 $m_{gp}$  – масса груза.

Подставляя (5) в (4), получим

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{B}{2 \cdot \frac{h_a \cdot m_a + h_{gp} \cdot m_{gp}}{m_a + m_{gp}}}. \quad (6)$$

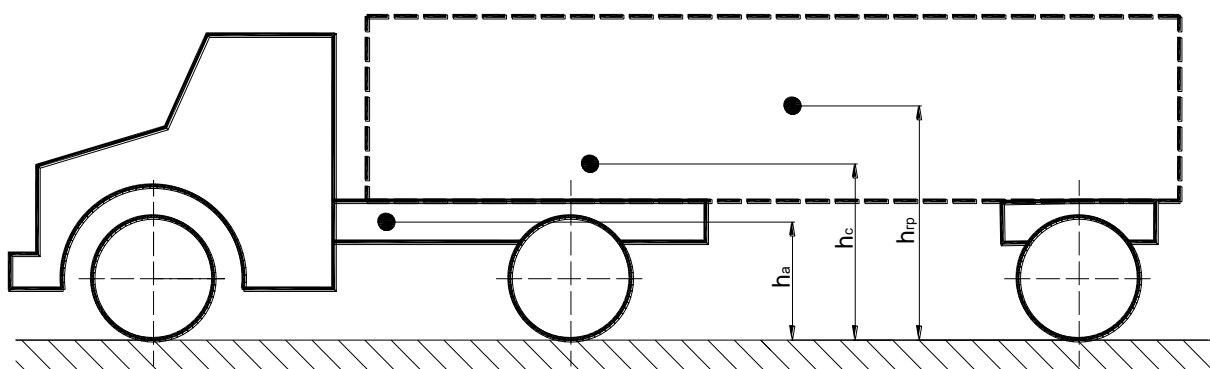


Рис.1. – Изменение высоты центра масс системы ”автомобиль-груз” при загрузке крупногабаритной продукцией

Высота центра масс  $h_c$  изменяется в зависимости от коэффициента загрузки  $k_3$ . Коэффициент загрузки определяется из следующего соотношения



$$k_3 = \frac{m_{zp}}{m_{zp\max}}. \quad (7)$$

Подставляя в выражение (6) зависимость (7), получим

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{B}{2 \cdot \frac{h_a \cdot m_a + h_{zp} \cdot k_3 \cdot m_{zp\max}}{m_a + k_3 \cdot m_{zp\max}}},$$

откуда

$$k_3 = \frac{(-2 \cdot \operatorname{tg}\alpha \cdot h_a + B) \cdot m_a}{(2 \cdot \operatorname{tg}\alpha \cdot h_{zp} - B) \cdot m_{zp\max}}. \quad (8)$$

В таком случае, выражение (3) примет следующий вид

$$K_{ГТр} = \exp \left[ -(\lambda_o + \lambda_y) \cdot T \cdot \frac{(-2 \cdot \operatorname{tg}\alpha \cdot h_a + B) \cdot m_a}{(2 \cdot \operatorname{tg}\alpha \cdot h_{zp} - B) \cdot m_{zp\max}} \cdot e^{-\mu_1 t_1 - \mu_2 t_2 - \mu_3 t_3} \right]. \quad (9)$$

Для параметров, полученных в условиях реальной эксплуатации ( $\lambda_o = 0,1$  1/ч,  $\lambda_y = 0,01$  1/ч,  $\mu_1 = 3,3$  1/ч,  $\mu_2 = 1,5$  1/ч,  $\mu_3 = 0,6$  1/ч,  $t_1 = 0,5$  ч,  $t_2 = 1$  ч,  $t_3 = 2$  ч), были построены графики (рис. 2) изменения вероятности успешного выполнения задания  $K_{ГТр}$  в зависимости от факторов надёжности и безопасного использования технологического транспорта при выполнении внутривозовских транспортных операций крупного машиностроительного предприятия.

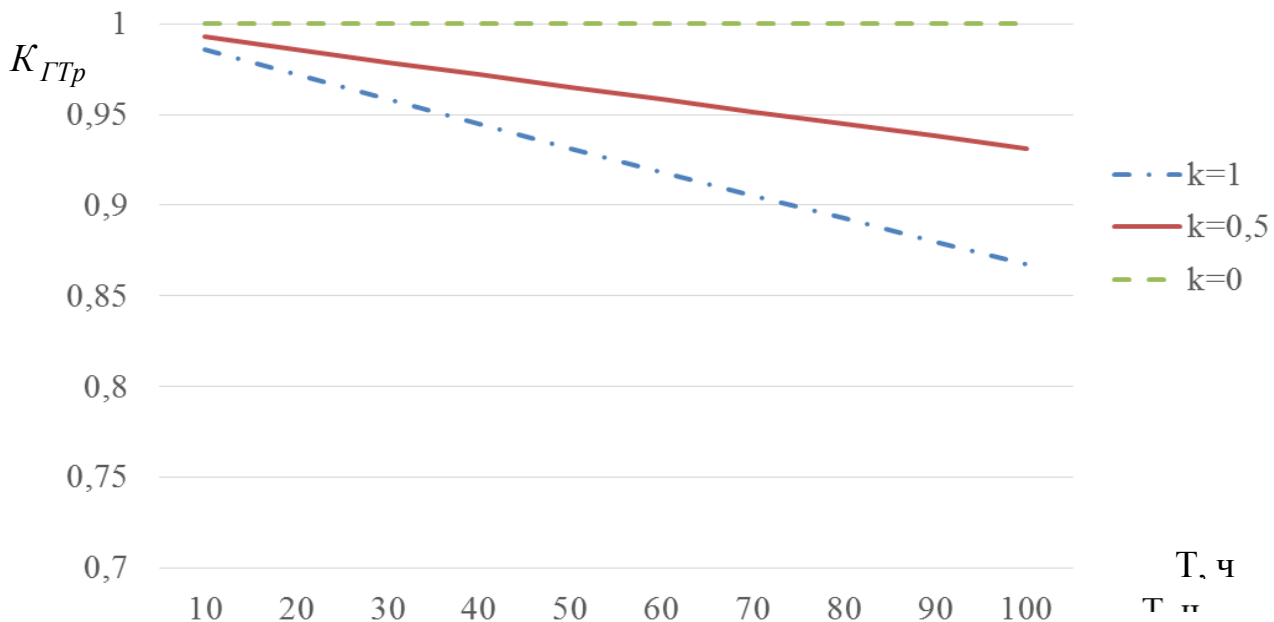


Рис. 2 – Изменение вероятности успешного выполнения транспортной операции в зависимости от различных факторов

При применении в работе предприятия разработанных ранее подходов по повышению устойчивости автомобилей в процессе перевозки крупногабаритной продукции [23, 24], интенсивность аварийных ситуаций на дороге, связанных с потерей их устойчивости снизилась с  $\lambda_y = 0,01$  1/ч до  $\lambda_y = 0,001$  1/ч. Это

позволило повысить вероятность успешного выполнения задания  $K_{ГТр}$  до 5–7%, тем самым значительно снизив затраты на устранение последствий таких аварийных ситуаций (рис. 3).

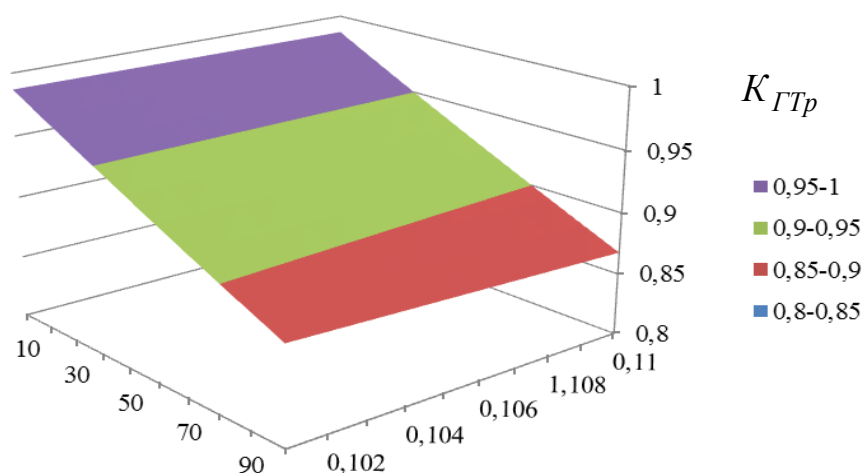


Рис. 3 – Изменение вероятности успешного выполнения транспортной операции при  $T$ , ч знии подходов по повышению уст  $\lambda_o + \lambda_y$ , 1/ч обилей

**Выводы.** 1. Исследованиями установлено, что межэлементные связи в подсистеме ”водитель – технологический автомобиль – дорога” создают условия для повышения коэффициента готовности выполнения транспортных операций за счёт управления собственно надежностью автомобилей (как отдельной системы) и надежностью транспортного процесса, в котором дорожно-транспортные происшествия можно считать случайными (внезапными) отказами.

2. Наиболее весомыми являются аварийные ситуации, связанные с потерей устойчивости положения. На устранение их последствий затрачиваются значительные временные и материальные ресурсы. Менее значимы аварийные ситуации, связанные с потерей устойчивости в плоскости дороги. Смещение крупногабаритных грузов, установленных на автопоезде, могут привести к потере устойчивости.

### Список используемых источников

1. Ротенберг Р.В. Основы надежности системы водитель – автомобиль – дорожная среда / Р.В. Ротенберг. – М.: Машиностроение, 1986. – 216 с.
2. Беккер М.Г. Введение в теорию систем местность – машина / М.Г. Беккер; пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1973. – 530 с.
3. Динамика системы дорога – шина – автомобиль – водитель / А.А. Хачатуров, В.Л. Афанасьев, В.С. Васильев, Г.В. Гольдин, Б.М. Додонов, В.П. Жигарев, В.И. Кольцов, В.С. Юрик, Е.И. Яковлев; под ред. А.А. Хачатурова. – М.: Машиностроение, 1976. – 535 с.
4. Вонг Д. Теория наземных транспортных средств / Д. Вонг.; пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1982. – 284 с.

5. Автомобильные транспортные средства / Д.П. Великанов, В.И. Бернацкий, Б.Н. Нифонов, И.П. Плеханов; под. Ред. Д.П. Великанова. – М.: Транспорт, 1977. – 326 с.
6. Говорущенко Н.Я. Основы теории эксплуатации автомобилей/ Н.Я. Говорущенко.- К.: Вища школа, 1971. – 232 с.
7. Автомобильные дороги (совершенствование методов проектирования и строительства) / В.М. Сиденко, О.Т. Батраков, М.И. Волков, Я.А. Калужский, Н.М. Кудрявцев, Э.В. Гаврилов; под ред. В.М. Сиденко. – К.: Будівельник, 1973. – 278 с.
8. Элементы безопасности в связях системы В-А-Д (водитель – автомобиль – дорога) Purga P, Fidlewski M. Elementy bezpieczenstwa czynnego Werelacjach systemu K-P-D / Motoryzacja. – 1988. – №2. – С. 25-28.
9. Мишуринов В.М. Надежность водителя и безопасность движения / В.М. Мишуринов, А.Н. Романов. – М.: Транспорт, 1990. – 167 с.
10. Безопасность движения автомобильного транспорта / Б.А. Алексеев, М.И. Копаков, А.С. Паршев, В.М. Романов. – М.: Изд-во ДОСААФ, 1972. – 142 с.
11. Говорущенко Н.Я. Системотехника транспорта / Н.Я. Говорущенко, А.Н. Туренко. – Харьков: ХГАДТУ, 1998. – 468 с.
12. Бегма И.В. Учет психофизиологии водителей при проектировании автомобильных дорог / И.В. Бегма, Э.В. Гаврилов, Я.А. Калужский. – М.: Транспорт, 1976. – 88 с.
13. Гаврилов Э.В. Эргономика на автомобильном транспорте / Э.В. Гаврилов. – Л.: Техніка, 1976. – 152 с.
14. Безопасность конструкции автомобиля / М.А. Андронов, Ф.Е. Межевия, Ю.М. Немцов, Е.С. Саввушкин. – М.: Машиностроение, 1985. – 160 с.
15. Джонс И.С. Влияние параметров автомобиля на дорожно-транспортные происшествия / И.С. Джонс. – М.: Машиностроение, 1979. – 207 с.
16. Колегаев Р.Н. Определение оптимальной долговечности технических систем / Р.Н. Колегаев. – М.: Советское радио, 1967. – 112 с.
17. Бажинов О.В. Наукові основи оцінки ресурсу силових агрегатів транспортних машин з урахуванням умов експлуатації: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук: спец. 05.22.20 «Експлуатація та ремонт засобів транспорту» / О.В. Бажинов. – Харків, 2001. – 32с.
18. Панкратов Н. Управление использованием ресурса автомобилей в рядовых условиях эксплуатации / Н. Панкратов, А. Шейнин // Автомобильный транспорт. – 1969. – №10. – С. 18.
19. Шейнин А.М. Методы определения и поддержания надежности автомобиля в эксплуатации / А.М. Шейнин. – М.: Транспорт, 1969. – 88 с.
20. Калабро С.Р. Принципы и практические вопросы надежности: Пер. с англ. Д.Ю. Панова. – М.: Машиностроение, 1966. – 376 с.
21. Засоби транспортні дорожні. Стійкість. Методи визначення основних параметрів випробуваннями: ДСТУ 3310-96. – [Чинний від 1996-02-27]. – К.: Держстандарт України 1996. – 10 с. – (Державний стандарт України).
21. Автотранспортные средства. Управляемость и устойчивость. Технические

требования. Методы испытаний: ГОСТ 31507-2012. – [Введен в действие 2013-09-01]. – М.: Стандартиформ 2013. – 51 с. – (Межгосударственный стандарт).

22. Плетнёв В.Н. Применение метода парциальных ускорений для оценки надёжности тормозного управления автомобилей / В.Н. Плетнёв // Механіка та машинобудування. Науково-технічний журнал. – 2012. – №2 – С. 121–126.
23. Полянский А.С. Оценка эксплуатационных свойств автомобильных поездов большой грузоподъемности при перевозке негабаритных грузов / А.С. Полянский, Д.М. Клец, Е.А. Дубинин, В.Н. Плетнев // Вестник ХНАДУ: сб. науч. трудов. – 2013. – Вып. 60. – С. 38–41.

## **Аннотация**

### **ПІДВИЩЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ГОТОВНОСТІ ВИКОНАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ОПЕРАЦІЙ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ВЕЛИКОГАБАРИТНОЇ ПРОДУКЦІЇ**

Полянський О.С., Дубінін Є.О., Клец Д.М, Плетньов В.М.

*Обґрунтований коефіцієнт готовності виконання транспортних операцій, який дозволяє оцінити ймовірність виконання роботи в заданий час з урахуванням технічного стану та інтенсивності аварійних ситуацій на дорозі, обумовлених стійкістю руху рухомого складу. Результати досліджень можуть бути використані для розробки рекомендацій зі зниження простоїв транспортних операцій при виготовленні великогабаритної продукції машинобудівних підприємств.*

*Ключові слова: технологічний транспорт, технічний стан, стійкість, коефіцієнт готовності, виконання завдання.*

## **Abstract**

### **INCREASING THE AVAILABILITY OF TRANSPORT OPERATIONS IN THE MANUFACTURE OF LARGE-SIZED PRODUCTS**

O. Polyanskyi, Ye. Dubinin, D. Klets, V. Pletnev

*The availability of transport operations, which allows to estimate the probability of completing work in given time taking into account the technical condition and the intensity of accidents on the road caused by stability of motion of rolling stock was substantiated. The research results can be used to develop recommendations to reduce downtime of transport operations in the manufacture of large machine-building companies products.*

*Key words: technological transport, maintenance, stability, availability, task execution.*

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОМЕНТА ОТРЫВА КОЛЕСА МАШИНЫ ПРИ ОПРОКИДЫВАНИИ МЕТОДОМ ПАРЦИАЛЬНЫХ УСКОРЕНИЙ

Полянский А.С., д.т.н., проф., Кириенко Н.М., к.т.н., доц.,  
Задорожня В.В., к.т.н., доц.

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства  
имени Петра Василенко*

*Разработан перспективный способ контроля текущих углов наклона мобильных машин, работающих на уклоне до момента отрыва колеса с использованием метода парциальных ускорений. Предложена конструкция прибора для мониторинга момента отрыва колеса, определяющего устойчивое положения машины. Применение разработанного метода на практике позволяет получить оценку параметра устойчивости машины в реальном времени и обеспечить безопасность её эксплуатации.*

Введение. Особенностью техники с шарнирно-сочлененной рамой (наличие связанного вертикального и свободного горизонтального шарниров) является статическая определимость схемы машины на опорной поверхности, но в процессе движения, отрыв одного из колес от почвы может быть принят в качестве критерия, характеризующего начало потери поперечной устойчивости и опрокидывания машины на склоне.

**Анализ последних достижений и публикаций.** Ряд авторов в своих работах [1, 2] подчеркивают, что процесс бокового опрокидывания шарнирно-сочлененных машин характеризуется не только взаимодействием колес с опорной поверхностью, но и взаимным расположением секций, связанных вертикальным шарниром.

В исследованиях В.Ф. Коновалова [3], оценка устойчивости к опрокидыванию проводится с энергетической точки зрения по обобщенному критерию  $\rho_y$ , характеризующему запас устойчивости:

$$\rho_y = 1 - \frac{\mathcal{E}_{\text{стаб}}}{\mathcal{E}_{\text{опр}}} \quad (1)$$

где  $\mathcal{E}_{\text{стаб}}$  - энергия стабилизирующих сил;

$\mathcal{E}_{\text{опр}}$  - энергия, необходимая для опрокидывания трактора.

В случае, если вращение трактора возникает от падения или внезапного поднятия одного из бортов трактора, то условие устойчивости рассматривают в виде:

$$G_T \cdot \Delta h_n \geq \frac{1}{2} J_{OT} \cdot \omega_{OT} \quad (2)$$

В результате оценки определяется угол наклона  $\gamma_{\text{скл}}$ , где внезапный наезд на неровность не приводит к опрокидыванию. При этом связь угловой скорости  $\omega_{OT}$  опрокидывания трактора с поступательной  $\mathcal{E}_{\text{тр}}$  принимается

прямопропорциональной.

Указанную связь можно рассматривать при малых скоростях движения, когда можно пренебречь деформацией шин, подвески и опорной поверхности, а также при условии копирования трактором профиля неровностей дороги.

Таким образом, при исследованиях устойчивости изучалось опрокидывание тракторов от частных возмущений, для упрощения математического описания неровностей принимались определенные геометрические формы, а для получения решений задавались неизменные переменные во времени и пространстве граничные условия. Поэтому решение задач, связанных с определением параметров и повышением поперечной устойчивости положения таких машин моделированием взаимосвязи возмущенного и невозмущенного состояния движения, является актуальным.

**Цель и постановка задачи.** Целью работы является повышение поперечной устойчивости шарнирно-сочлененных средств транспорта, на основе исследования момента отрыва колеса при движения на уклоне и по неровностям случайного профиля опорной поверхности.

Известно, что поперечная устойчивость большегрузных автомобилей и колесных тракторов значительно меньше, чем поперечная устойчивость других дорожных транспортных средств и в значительной степени зависит от габаритных размеров и веса.

При оценке устойчивости против опрокидывания критерием является предельный угол устойчивости положения, в нашем примере, в поперечной плоскости [4].

На рисунке 1 предьявлена схема сил, действующих на колесную машину в поперечной плоскости при движении на боковом уклоне. Колесная машина представлена в виде двухмассовой модели. Вес неподрессоренных масс сосредоточен в точке  $C_H$  (обозначен  $G_H$ ), поддрессоренных масс - в точке  $C_{II}$  (обозначен  $G_{II}$ ). При этом  $G = G_H + G_{II}$ .

Общие реакции на левых  $R'_Z$  и правых  $R''_Z$  колесах будут равны соответственно

$$R''_Z = R''_{ZH} + R'_{ZII}, \quad (3)$$

$$R'_Z = R'_{ZH} + R'_{ZII}. \quad (4)$$

Причем

$$G_{II} = R'_{ZII} + R''_{ZII}, \quad (5)$$

$$G_H = R'_{ZH} + R''_{ZH}. \quad (6)$$

Исследованиями [4] установлено, что

$$R'_z = R'_{ZH} + R'_{ZII} = G_H \left( 0,5 - \frac{r_0}{B} \operatorname{tg} \beta \right) + 0,5 G_{II} \left[ 1 - \frac{G}{G_{II}} \cdot \frac{\operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \alpha_0} - \frac{\operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \alpha_0} + \frac{2r_0}{B} \cdot \frac{G_H}{G_{II}} \operatorname{tg} \beta \right] \quad (7)$$

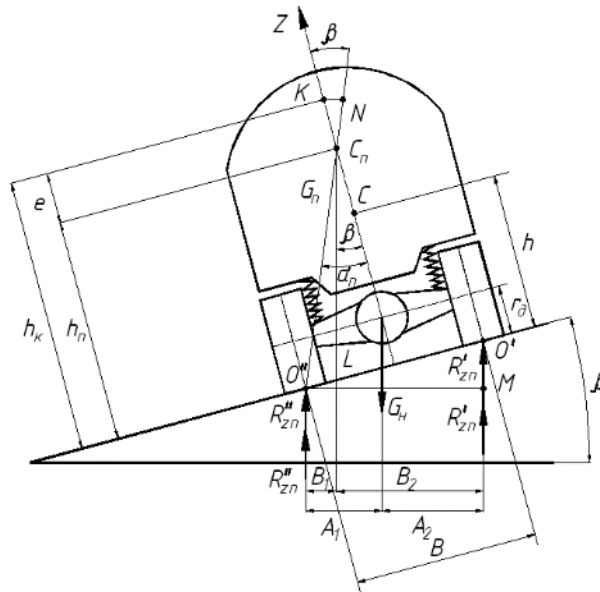


Рис. 1 – Схема сил, действующих на колесную машину в поперечной плоскости

Выполнив преобразования, получим зависимость реакции на правом колесе в поперечной плоскости от величины предельного угла устойчивости

$$R'_z = 0,5G \left( 1 - \frac{\operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \alpha_0} \right). \quad (8)$$

Формула (8) показывает, что если угол уклона опорной поверхности будет равен углу начала отрыва колеса, то есть  $\beta = \alpha_0 \rightarrow R'_z = 0$ , тогда начнётся процесс опрокидывания. Эта ситуация является предельно допустимой если отсутствуют какие-либо другие динамические нагрузки при движении колесной машины. В случае нарушения данного условия произойдет аварийная ситуация - опрокидывание.

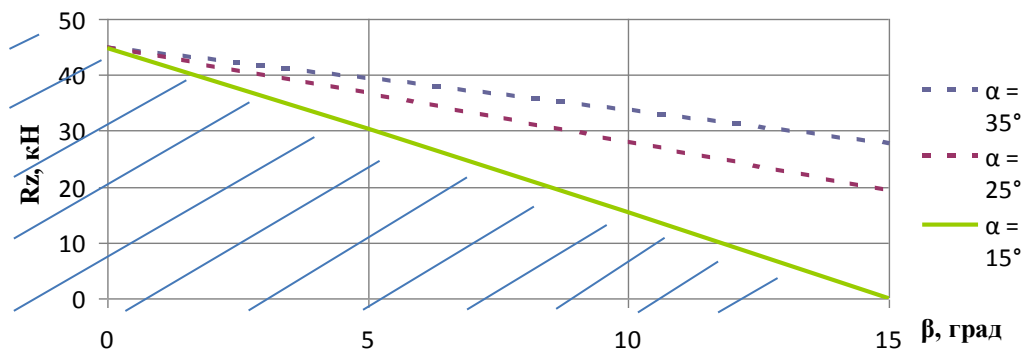


Рис. 2 – Условие сохранения поперечной устойчивости положения колесной машины при различных углах статической устойчивости ( $\alpha_0$ ) и угла наклона ( $\beta = 0-15^\circ$ ) (зона поперечной устойчивости заштрихована)

В процессе движения машины при выполнении технологической операции, будут меняться величины уклона наклона и их соотношение с различными углами статической устойчивости, образуя зону безопасного использования этой машины.

Результаты проведенных расчетов на примере колесной машины класса 3тс типа Т-150К – 09 показаны на рисунке 2.

Используя в качестве критерия равенство нулю реакции в точке отрыва колеса, обоснованы допустимое и предельное значение углов наклона машины при выполнении технологических операций. С использованием полученных результатов теоретических и экспериментальных исследований, по обеспечению поперечной устойчивости колесных машин при движении на уклоне и неровностях опорной поверхности, разработана бортовая контрольно - измерительная система, которая базируется на приборе ПЗФ - 2К (рис. 3).

Предложенный прибор, реагируя на отрыв колеса при движении по неровной дороге, сигнализирует оператору о превышении угла наклона, что заставляет его, включиться в процесс управления. Предупреждение в виде световой сигнализации и надписи «Угол наклона допустимый», «Угол наклона предельный Х или Y», которое поступает от установленных датчиков положения контрольно - измерительного комплекса, требуют от оператора принять решение о переходе на безопасный режим движения, тем самым, повышая безопасность движения колесных машин с шарнирно-сочлененными рамами.



Рис . 3 – Общий вид прибора ПЗФ- 2К: а) « Угол наклона допустимый»; б) «Угол наклона предельный X или Y».

Использование предложенной контрольно-измерительной системы показало, что наличие информации о диапазоне углов, характеризующих приближение момента отрыва колеса в виде допустимого и предельного недостаточно для принятия оператором рационального решения по предотвращению опрокидывания.

Следует доработать эту систему путём выведения на экран текущего значения углов наклона машины в режиме реального времени работы, сохранив при этом световую сигнализацию допустимого (зелёный свет) и предельного (красный свет) значения этих углов.

**Выводы.** 1. Разработан перспективный способ контроля текущих углов наклона мобильных машин, работающих на уклоне до момента отрыва колеса с использованием метода парциальных ускорений.



2. Предложена конструкция прибора для мониторинга момента отрыва колеса, определяющего устойчивое положения машины. Применение разработанного метода на практике позволяет получить оценку параметра устойчивости машины в реальном времени и обеспечить безопасность её эксплуатации.

### **Список используемых источников**

1. Пospelov Ю. А. Оценка устойчивости тракторов и тракторных поездов. / Ю.А. Пospelov, Р.А. Левин А.В. Галаган //.– Тракторы и с. - х. машины - . 2003. - № 1. С 20-21.
2. Боклаг В. М. Анализ общей устойчивости шарнирно-сочленённых машин: автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец.: 05.05.03 / В. М Боклаг. – Х., 1964. - 22 с.
3. Коновалов В. Ф. Динамическая устойчивость тракторов. / В. Ф. Коновалов - М.: Машиностроение, 1981.- 144 с.
4. Задорожня В.В. Повышение безопасности использования колесных машин при выполнении транспортных работ на поперечном уклоне: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20/ В.В. Задорожня. - Харьков, 2014. – 20с.

### **Аннотация**

#### **ВИЗНАЧЕННЯ МОМЕНТУ ВІДРИВУ КОЛЕСА МАШИНИ ПРИ ПЕРЕКИДАННІ МЕТОДОМ ПАРЦІАЛЬНИХ ПРИСКОРЕНЬ**

Полянський А.С., Кирієнко Н.М., Задорожня В.В.

*Розроблено перспективний спосіб контролю поточних кутів нахилу мобільних машин, що працюють на ухилі до моменту відриву колеса з використанням методу парціальних прискорень. Запропоновано конструкцію приладу для моніторингу моменту відриву колеса, що визначає стійке положення машини. Застосування розробленого методу на практиці дозволяє отримати оцінку параметра стійкості машини в реальному часі і забезпечити безпеку її експлуатації.*

### **Abstract**

#### **DEFINING MOMENT SEPARATION WHEELS CAR DURING ROLLOVER USING PARTIAL ACCELERATIONS**

A. Polanski, N. Kiriienko, V. Zadorozhnyaya

*A promising way to monitor the current angle of inclination of the mobile machines running on an incline until clear of the wheel using the method of partial acceleration. A design of the device for monitoring the separation of the wheel torque, determining a steady state machine. Application of this method in practice allows you to obtain an estimate of the parameter stability of the machine in real time and ensure the safety of its operation.*

## НОРМИРОВАНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕМЕНТОВ ДВИГАТЕЛЯ

**Полянский А.С., д. т. н., проф., Молодан А.А., к.т.н., доц.**

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко*

*Предложены зависимости для обоснования нормативов диагности-ческих параметров цилиндра-поршневой группы (ЦПГ) на примере двигателя КамАЗ-740. В качестве параметров выбраны: количество картерных газов, как диагностический параметр, и расход масла на угар, расход топлива, давление в конце такта сжатия (компрессия), как эксплуатационные параметры и износ деталей ЦПГ и клапанного механизма головки цилиндра, как качественный параметр.*

**Введение.** Помимо регламентируемых нормативом структурных изменений ЦПГ присущи характерные неисправности, такие как разрушение перемычек и трещины в поршне, поломка поршневых колец, залегание поршневых колец, износ поршней, цилиндров и колец, задиры на юбке и поверхности цилиндра, пробоина или трещина в цилиндре, выпадение фиксаторов поршневого пальца, деформация плоскостей блока.

Способ нормирования определяет методику расчета и исходные данные, которые используются для определения соответствующих значений параметров.

Анализ последних достижений и публикаций. В процессе разработки систем диагностирования основное внимание уделяется определению предельно допустимых диагностических параметров [1, 2, 4, 8].

Нормативы износостойкости [1, 4, 7], необходимые для оперативного выявления деталей с неудовлетворительной износостойкостью должны разрабатываться, исходя из этого условия. При разработке нормативов и оценке соответствия фактических скоростей изнашивания, нормативным также необходимо учитывать:

- нелинейность динамики изнашивания, т.е. изменение скорости изнашивания в течение заданной наработки;

- вероятностный характер этого процесса, обуславливающий рассеивание износов одноименных деталей и скоростей их изнашивания.

Определение же предельно-допустимых значений диагностических параметров Сараева И.Ю. [5] осуществляла эмпирическим способом, при этом на характер изменения диагностического или структурного параметров влияет большое число эксплуатационных (временных, нагрузочных, температурных и др.) факторов. Кроме того, при переходе от структурных параметров к диагностическим и от уровня отдельных элементов и сопряжений к оценке технического состояния агрегатов машин в целом, характер изменения диагностических параметров перестает быть монотонным.

Спичкин Г.Я. в своей работе [6] приводит зависимость между прорывом газа в картер и другими параметрами двигателя, нормируя при этом соотношение их между собой [3, 6], при этом запас ресурса дан с учетом дорожных условий работы автомобилей, но при этом не учитывается состояние клапанного механизма.

Однако существующие методы нормирования диагностических параметров ЦПГ и клапанного механизма не позволяют в полной мере установить ограничения на предельные значения количества газов, прорывающихся из надпоршневого пространства по двум направлениям в картер двигателя. Необходимо комплексный подход к оценке технического состояния ЦПГ по известным эксплуатационным и качественным показателям, которые могут быть определены только экспериментальным путем.

Цель и постановка задачи. Целью исследования является разработка нормативов диагностических параметров ЦПГ и клапанного механизма головки цилиндра двигателя. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи исследования:

- выявить связь между эксплуатационными и диагностическими параметрами ЦПГ и клапанного механизма головки цилиндра двигателя;
- определить предельные и допустимые диагностические параметры газов, проходящих в картер двигателя сквозь площади зазоров в ЦПГ и клапанном механизме отремонтированных двигателей.

**Постановка вопроса разработка нормативов диагностических параметров ЦПГ.** Произведем анализ экспериментальных данных [3] с точки зрения нормативов, по которым можно судить о состоянии ЦПГ. Поскольку оценивать техническое состояние ЦПГ можно и по косвенным признакам и по комплексным параметрам.

Определим зависимости износа поршневых колец  $Q = f(\Delta_1)$ , клапанного механизма  $Q = f(\Delta_2)$ , расхода масла на угар  $Q = f(g_{\text{м.уг.}})$ , расхода топлива  $Q = f(G_T)$ , давления в конце такта сжатия (компрессии)  $Q = f(p_{\text{сж}})$  от количества картерных газов (рис. 1-3, 6, 8).

1) зависимость между износом поршневых колец и количеством картерных газов

$$Q_1 = -22,35\Delta_1^2 + 133,17\Delta_1 - 38,32. \quad (1)$$

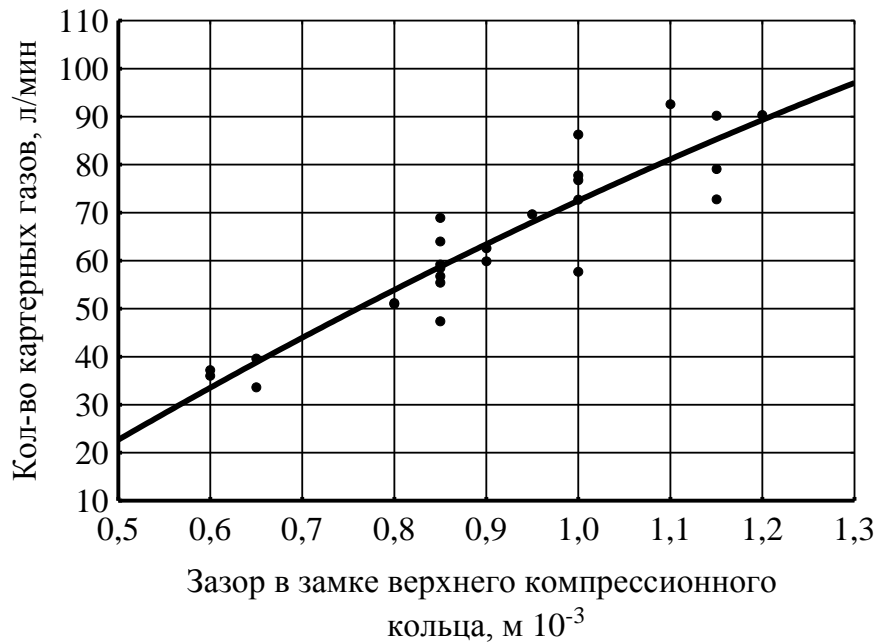


Рис. 1 – Зависимость между износом компрессионных колец и количеством картерных газов

2) зависимость между износом клапанного механизма и количеством картерных газов

$$Q_2 = 729,57\Delta_2^2 + 89,51\Delta_2 + 0,24. \quad (2)$$



Рис. 2 – Зависимость между износом узла «стержень клапана – направляющая втулка» и количеством картерных газов

Микрометраж должен проводиться при температуре окружающей среды, равной  $20 \pm 5^\circ\text{C}$ . Детали, подвергающиеся микрометражу, и инструменты должны быть выдержаны при температуре окружающей среды, равной  $20 \pm 5^\circ\text{C}$  не менее 8 ч.

Погрешность измерений по ДСТУ 2681-94 или РМГ 29-99.

Измерение деталей должно осуществляться по утвержденным в установленном порядке заводским методикам выполнения измерений, разработанным согласно ГОСТ 8.010-90.

3) зависимость между расходом топлива и количеством картерных газов, замер производился при оборотах двигателя, близких к номинальным с помощью расходомера калориметрического типа [9].

$$Q_3 = -0,43G_T^2 + 32,27G_T - 507,85. \quad (3)$$

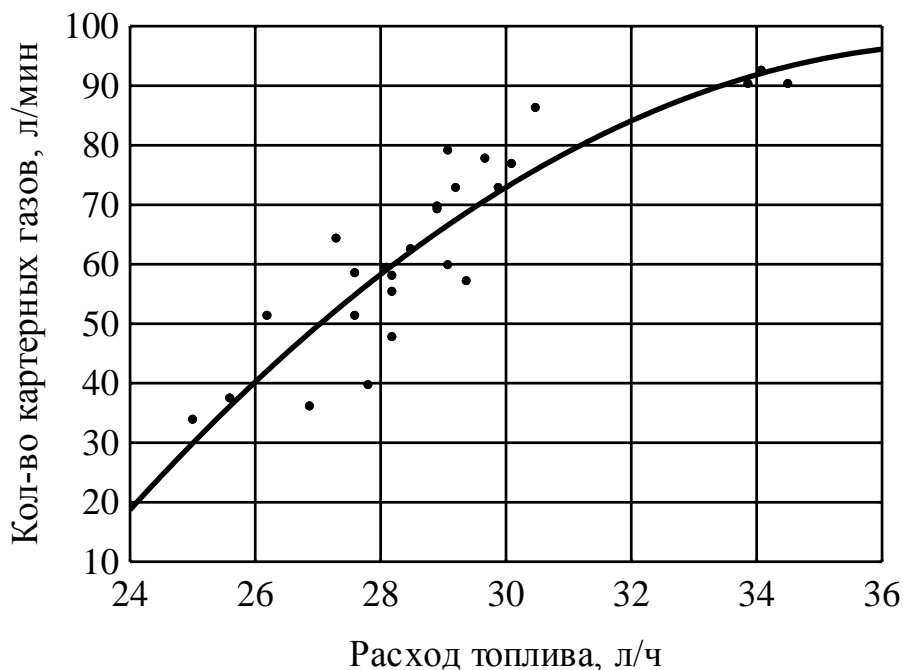


Рис. 3 – Зависимость между расходом топлива и количеством картерных газов

Расход топлива за время определения расхода масла на угар, %, определяется по формуле

$$\Delta G'_T = \frac{100 \sum_1^a G_{Ti}}{a}, \quad (4)$$

где  $a$  – число измерений расхода топлива.

Замер количества масла производился в соответствии со следующей методикой

$$G_{\text{м.уг.}} = G_{\text{м.н.}} - G_{\text{м.к.}}, \quad (5)$$

где  $G_{\text{м.н.}}$  – масса масла перед испытанием, кг;

$G_{\text{м.к.}}$  – масса масла после испытания, кг.

Расход масла на угар должен определяться по убыли масла из картера дизеля или из масляного бака при работе дизеля в течении 60 минут при номинальной частоте вращения и мощности, составляющей 90% от эксплуатационной.

Допускается для прогрева дизеля работать не более 15 минут на частичных нагрузках, превышающих 60% номинальной мощности.

Двигатель до начала испытаний необходимо прогреть до рабочего теплового режима, затем не позднее чем через 5 минут после остановки дизеля начать слив масла из картера. При этом коленчатый вал должен быть провернут таким образом, чтобы поршень первого цилиндра находился в верхней мертвой точке.

Продолжительность стекания масла должна составлять 40-45 минут.

4) зависимость между расходом масла на угар и количеством картерных газов

$$Q_4 = 0,65g_{\text{м.уг.}}^2 - 5,83g_{\text{м.уг.}} + 37,13. \quad (6)$$

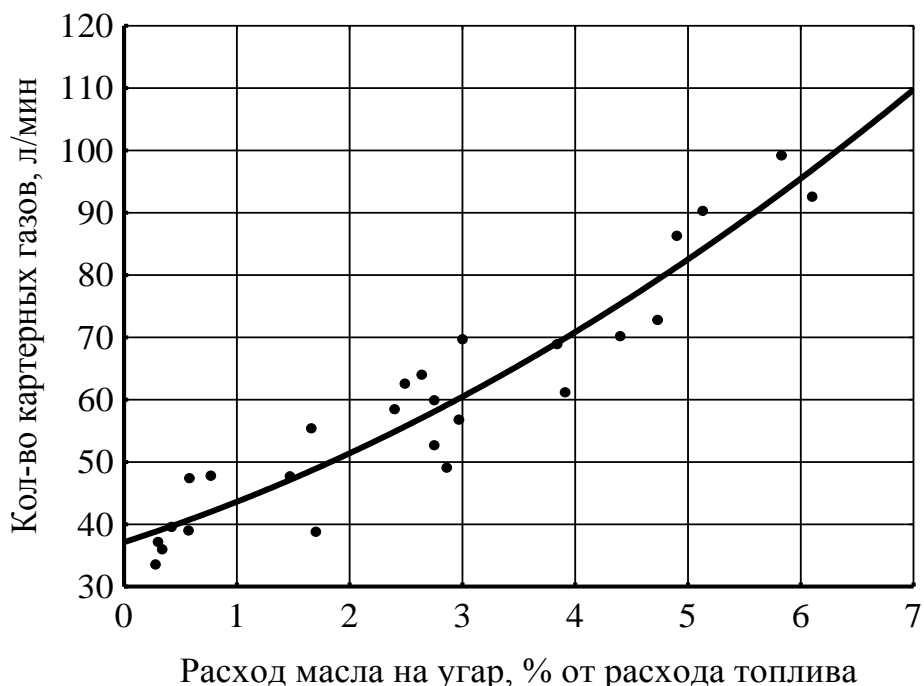


Рис. 4 – Зависимость между расходом масла на угар и количеством картерных газов

Относительный расход масла на угар, %, определяется по формуле

$$g_{\text{м.уг.}} = \frac{100\Delta G_{\text{м.уг.}}}{\Delta G'_T}. \quad (7)$$

5) зависимость между давлением в конце такта сжатия (компрессией) и количеством картерных газов

$$Q_5 = 0,56p_{\text{сж.}}^2 - 35,40p_{\text{сж.}} + 560,08. \quad (8)$$

Измерение параметра давления в конце такта сжатия определялось в каждом цилиндре с помощью прибора – компрессометра, при этом измерение количества картерных газов также измерялось с учетом отключения того или другого цилиндра.

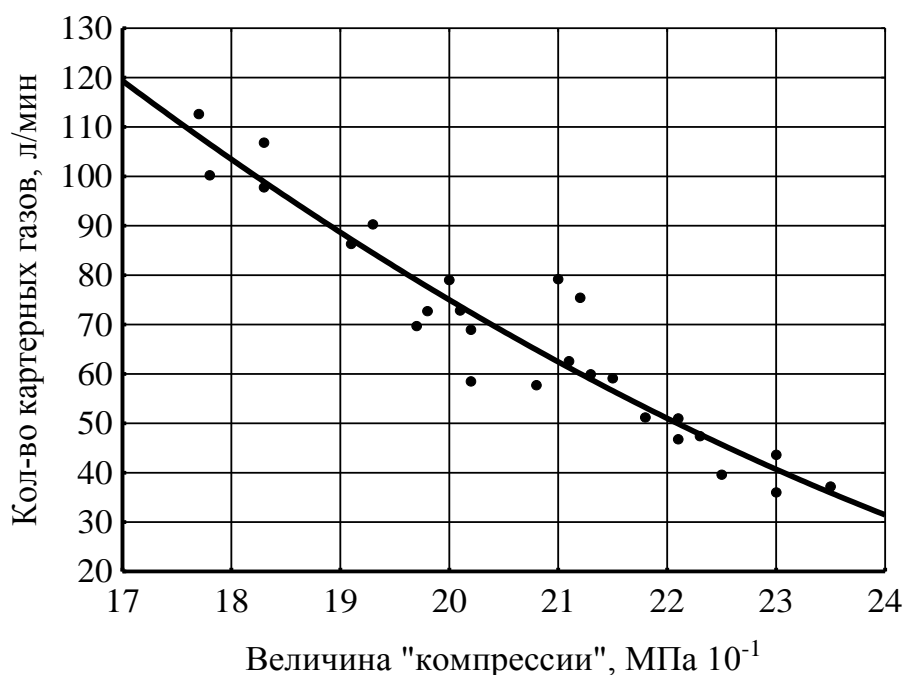


Рис. 5 – Зависимость между давлением в конце такта сжатия (компрессией) и количеством картерных газов

### Выводы:

1. Получены зависимости между количеством картерных газов и такими важными эксплуатационными параметрами, как: расход масла на угар, расход топлива, давлением в конце такта сжатия (компрессия) и износом деталей, определяющих сопряжения ЦПГ и клапанного механизма головки цилиндра.

2. Полученные зависимости хорошо коррелируются с заводскими данными, по которым прорыв газов в картер не должен превышать 120 л/мин, что соответствует изменению интенсивности нарастания количества картерных газов.

3. Получены номинальные (18-22 л/мин), допустимые (до 70 л/мин) и предельные (более чем 90 л/мин) значения количества картерных газов в двигателе КамАЗ-740 для оценки технического состояния ЦПГ, а также обоснованы номинальные и предельные значения для количества газов проходящих из надпоршневого пространства сквозь площади зазоров в клапанном механизме головки цилиндра в картер (номинальные – 1-1,5 л/мин.; предельные – более чем 20 л/мин).

### Список используемых источников

1. Кухтов В.Г. Долговечность деталей шасси колесных тракторов: Монография / Кухтов В.Г. – Харьков: ХНАДУ, 2004. – 291 с.
2. Методика определения предельных и допустимых диагностических параметров агрегатов машин. – Горький: ВНИИНМАШ, 1980. – 34 с.
3. Полянский А.С. Прогнозирование качества капитального ремонта цилиндро-поршневой группы дизельного двигателя / А.С. Полянский, А.А. Молодан, В.Н. Плетнев // Праці Таврійського державного агротехнологічного

- університету. – Мелітополь, 2010. – Т.5, Вип. 10, – С. 97-104.
4. Полянский А.С. Повышение и нормирование безотказности тракторных двигателей в начальный период их эксплуатации (на примере дизелей типа СМД-60, 62): дис. ... кандидата техн. наук: 05.20.03 / Александр Сергеевич Полянский. – Х., 1994. – 167с.
  5. Сараева И.Ю. Усовершенствование процесса диагностирования цилиндропоршневой группы и герметичности клапанов бензинового двигателя автомобиля: дис. ... кандидата техн. наук: 05.22.20 / Ирина Юрьевна Сараева. – Х., 2006. – 262 с.
  6. Спичкин Г.Я. Диагностика технического состояния автомобиля: учеб. пособие для сельск. проф.-техн. училищ / Спичкин Г.Я. – М.: Высшая школа, 1975. – 304 с.
  7. Сумец А.М. Прогнозирование потребности в запасных частях / Сумец А.М. – Х.: ОКО, 1997. – 182 с.
  8. Шапиро Е.А. Исследование эксплуатационной надежности машинно-тракторного парка с целью обоснования нормативов безотказности и резервных элементов: автореф. дис. на соискание наук, степени канд. техн. наук: спец. 05.20.03 «Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве» / Е.А. Шапиро. – Л. – Пушкин, 1981. – 17 с.
  9. Тимченко А.И. Методика бестормозной приработки двигателя: дис. ... кандидата техн. наук: 05.22.10 / Алексей Игоревич Тимченко. - Х., 1997. - 164 с.

## **Анотація**

### **НОРМУВАННЯ ДІАГНОСТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕМЕНТІВ ДВИГУНА**

Полянський О.С., Молодан А.О.

*Запропоновані залежності для обґрунтування нормативів діагностичних параметрів циліндро-поршневої групи (ЦПГ) на прикладі двигуна КамАЗ-740. В якості параметрів вибрані: кількість картерних газів, як діагностичний параметр, витрата масла на угар, витрату палива, тиск в кінці такту стискування (компресія), як експлуатаційні параметри і знос деталей ЦПГ і клапанного механізму голівки циліндра, як якісний параметр.*

## **Abstract**

### **RATIONING OF DIAGNOSTIC PARAMETERS ENGINE COMPONENTS**

A. Poljansky, A. Molodan

*Depending on proposed regulations to support the diagnostic parameters of the cylinder-piston group (CPG) based on the KamAZ-740 engine. The parameters are chosen: the number of crankcase gases, as a diagnostic parameter, and oil consumption, fuel consumption, the pressure at the end of the compression stroke (compression) as the operating parameters and the wear of details and the cylinder head valve train, as a quality parameter.*



## ОБГРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ГНУЧКОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ТВЕРДОГО БІОПАЛИВА З РОСЛИННИХ ТА ДЕРЕВНИХ ВІДХОДІВ

Полянський О.С., д.т.н., проф., Дьяконов О.В. асп.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка*

*Запропонований спосіб брикетування, якій відрізняється від існуючих розігрівом одночасно всього масиву матеріалу «зсередини» і вимкненні процесу нагрівання при його висиханні. Такий підхід дозволяє поширити кількість модифікованого матеріалу брикетів, підвищити його калорійність та одержати нові властивості, в т. ч. і підвищення міцності. Використання розігріву «зсередини», якій сприяє масо переносу легко киплячих і водорозчинних з'єднань на поверхні зразка і зміцнює навіть без застосування високого тиску, розроблена гнучка електромагнітна технологія (ЕМТ) застосуванням надзвичайно високої частоти (НВЧ) виготовлення паливних брикетів з рослинних та деревних відходів. Автоматизація запропонованої технології дозволяє забезпечити високий коефіцієнт завантаження устаткування та зниження собівартості продукції. Тривалість мікрохвильовій сушки деревини зменшується більш ніж у 10 разів порівняно з традиційною обробкою.*

**Вступ.** Для багатьох сільськогосподарських регіонів України використання власного твердого біопалива доцільніше, ніж використання вугілля або нафтопродуктів, тому що вироблене з місцевої сировини біопаливо обходиться у десятки разів дешевше та екологічно привабливе[4,5].

Домінуюче значення за кількістю утворення відходів належить деревині та грубостебловим культурам, зокрема соняшнику, кукурудзі, а одним із раціональних методів їх утилізації є використання останніх як сировини для виготовлення твердого біопалива.[4,5].

Основною технологічною операцією виготовлення брикетів є сушіння деревних часток. Як відомо, між деревиною і водою існують хімічні та фізичні зв'язки. У процесах десорбції слід затратити не тільки енергію на випаровування вологи, рівну питомої теплоти пароутворення, але і додаткову енергію, що вимагається для розриву молекулярних зв'язків між вологою і деревиною [3,8].

Сушіння деревини до вологості 6-15 % відбувається в традиційних сушильних камерах при допомозі зовнішнього агресивного впливу – температури, пара, вакууму. При такій дії в першу чергу висихають поверхневі шари деревини зневоднюючи їх і тільки потім процес сушіння просувається вглиб матеріалу, що вимагає великої витрати енергії [3,8].

Руху вологи в деревині при сушінні присвячені роботи багатьох вчених, однак, незважаючи на велику кількість виконаних робіт за законами дифузії і потенціалів переносу, тривають дискусії в зв'язку з труднощами аналітичного

розв'язку диференціальних рівнянь, що описують процеси теплового переносу і волого переносу [ 3 ]. Тому задача сушіння матеріалу під час виготовлення твердого біопалива є актуальною.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Дослідження та аналіз зарубіжного та вітчизняного досвіду формування палива показав [5], що для ефективного спалювання потрібно мати паливні вироби приблизно однакові за розмірами і формою-брикети.

Брикетуванням називається зміцнення сипучого тіла шляхом його пресування (ущільнення) в замкнутому просторі під впливом зовнішнього тиску до отримання монолітного брикету з щільністю, при якій тіло не може мимовільно руйнуватися.

Сумарна потужність приводу технологічного обладнання виготовлення паливних брикетів складається з потужності приводу для грубого подрібнення , потужність, що витрачається на сушіння , потужність приводу тонкого подрібнення , потужність приводу на пресування та потужності приводу і допоміжного технологічного обладнання (конвеєри, норії, вентилятори, допоміжне устаткування тощо) [5].

Більшість проведених досліджень в даній області спрямовано на підвищення ефективності існуючих або створення нових технологій не враховує особливостей об'єкта сушіння – анатомічної будови деревини. Деревина є біологічним матеріалом з неоднорідною структурою і властивостями. Тому найважливішою умовою підвищення ефективності процесу сушіння є пошук нових технічних і технологічних рішень на основі комплексного підходу і всебічного аналізу ряду фізичних явищ процесу сушіння і структури деревини [2,3].

Аналіз структури елементів деревини листяних порід показує, що всі вони в тій чи іншій мірі є елементами її водопровідної системи. Аналіз застосовуваних у виробництві способів сушіння показав, що суттєве скорочення термінів сушки деревини досягається за рахунок впровадження технічноскладних, матеріаломістких конструкцій сушильних установок [2,8]. В роботі запропоновано застосовувати технології, що дозволяють зменшити витрати енергії на брикетування в цілому.

**Мета дослідження:** Обґрунтувати принцип побудови гнучких технологій та вибір раціональних режимів сушіння на основі оцінки енерговитрат виробництва.

Для вирішення поставленої мети потрібно вирішити наступні прикладні наукові задачі:

- провести аналіз існуючих технологій брикетування рослинної сировини;
- встановити енерговитрати брикетування
- вибрати структуру НВЧ – установки для обробки рослинних та деревних відходів які дозволяють забезпечити рівномірність температурної обробки брикетів.

- виконати техніко-економічне обґрунтування запропонованих науково-технічних рішень.

**Методика формування складу паливного брикету.** На даному етапі

виділяють три технології виготовлення паливних брикетів:

1. RUF технологія. Заснована на пресуванні брикетів під високим тиском. Особливістю такого методу є невисока вартість обладнання, простота в управлінні. Недоліки даного способу виготовлення паливних брикетів - брикети малостійкі до вологи, що вимагає більш щільної і якісної їх упаковки. Брикети, виготовлені таким способом, мають проблеми з міцністю, погано переносять тривале зберігання особливо при далеких перевезеннях, та коливаннях температури поблизу 0 С.

2. Nestro технологія. В основі якої лежить ударний спосіб виготовлення паливних брикетів. Паливний брикет виробляється з допомогою ударних пресів. Так само, як і в першому випадку, собівартість виготовлення цього виду паливних брикетів невелика, оскільки відбувається економія на витратах на виробництво. Брикет так само не терпить вологи, що негативно позначається на транспортуванні та коливаннях температури.

3. Pini&Kau технологія. Реалізує шнекове пресування з поверхневою термообробкою. Такий спосіб є альтернативою першим двом, оскільки є найбільш вигідним у порівнянні з ними і дає продукцію більш високої якості. До недоліків шнекового способу пресування слід віднести високі експлуатаційні витрати і низький операційний час завантаження обладнання. Причин цьому декілька: значне спрацювання шнека і, як наслідок, необхідність зупинок для його заміни; необхідність ручного контролю декількох параметрів. Для виконання перелічених робіт необхідний кваліфікований персонал для зниження впливу людського фактору.

Утворення клітин деревини без вологи неможливо, внаслідок чого вже по своїй природі дерево є вологомістким матеріалом. Волога (сік), будучи природною складовою частиною дерева, досить складно з неї видаляється [3,8]

В склад соку входять мінеральні речовини, які поступають в дерево із ґрунту разом з водою, також органічні речовини, які утворюються в самому дереві, головним чином, в листку з вуглекислоти, повітря і вологи, підведеної з ґрунту до листя. В ядрі вони відкладаються в більшій частині в вигляді цукру, у вигляді таніну фарбувальних і інших речовин, кількість яких залежить від деревної породи. Склад соку в ядрі і заболоні різний, але загальна кількість мінеральних і органічних речовин дуже незначний і домінуючою складовою частиною соку є вода [1,3].

Доцільним вважається сушіння, при якій швидкість просування вологи з внутрішніх шарів наближається до швидкості її випаровування з поверхні деревини. Таким чином, основним параметром, що визначає тривалість сушіння, є вологопровідність. В досягненні інтенсивного руху вологи усередині матеріалу (з центральної зони до його поверхні) ховаються можливості отримання високих техніко-економічних показників процесу сушіння.

Вологопровідність залежить від багатьох факторів (породи, щільності, напряму струму вологи та інш), але найбільший вплив на неї справляє температура: при її підвищенні вологопровідність істотно зростає. Тому надмірний тиск при різних температурах обробки деревини змінюється від 24 до 58 кПа (рис. 1).

Однак підвищення температури призводить до посилення режиму сушіння і збільшення інтенсивності випаровування вологи з поверхні деревини, що в свою чергу викликає нерівномірний її розподіл по товщині матеріалу і виникнення внутрішніх напружень [3,8].

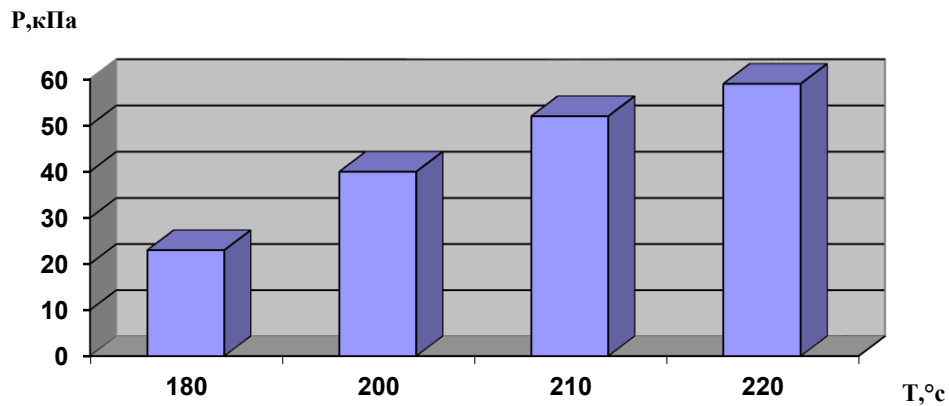


Рис. 1 – Надмірний тиск в деревині (сосна) при різних температурах обробки

Інтенсифікація процесу сушіння деревини, тобто скорочення її тривалості і енергоємності при одночасному збереженні якості, є актуальним напрямком наукових досліджень.

Аналіз застосовуваних у виробництві способів сушіння показав, що суттєве скорочення термінів сушки деревини досягається за рахунок впровадження технічно складних сушильних установок та сучасних гнучких технологій [3,5,8].

Враховуючи, що виробництво паливних брикетів носить складний стохастичний характер, воно практично не може бути точно розраховане за допомогою невеликої кількості простих аналітичних формул та потребує використання імітаційного моделювання виробничого процесу. Найбільш відповідними моделями є модель системи масового обслуговування та моделі агрегативної системи.

Процес виробництва брикетів так само як і всі інші фізичні процеси, що відбуваються в матеріальному світі здійснюється в просторі і в часі. З простором пов'язана структура потоку, яка являє собою консервативну частину системи і змінюється вкрай повільно. Сюди слід віднести кількість позицій кількість модулів на кожній позиції кількість транспортних агрегатів загальну компоновку елементів і зв'язку між ними. Ця структура майже в кожному конкретному випадку є заданою і незмінною.

Аналіз літератури [1,2,6,7] показує що особливу увагу необхідно приділити модулю формування брикета, який працює на основі електромагнітних технологій

Основні переваги застосування НВЧ-енергії для сушіння деревини такі:

1) висока ступінь поглинання деревиною енергії електромагнітного поля (за рахунок того, що деревина – вологий матеріал);

2) можливість зі швидкістю світла підвести і виділити в одиниці об'єму деревини потужність, не доступна ні одному з традиційних способів підвода енергії;

3) здійснення безконтактного виборчого нагріву і отримання необхідного розподілу температур в деревині, в тому числі в режимі саморегульованого нагріву;

4) практично 100 % ККД перетворення НВЧ-енергії в теплову та низькі втрати енергії в робочих камерах;

5) можливість миттєвого включення і виключення теплової дії, що забезпечує тепловий режим і високу точність регулювання нагрівання

Нашими дослідженнями встановлено, що максимальний технічний ККД, що впливає на теплоутворювальну здатність та руйнівну напругу при вигинанні, може бути отриманий при наступному співвідношенні компонентів, мас.відс: матеріал рослинного походження – 80; зв'язуюче – 18; тиксотропна добавка – 2.

Таким чином після аналізу електромагнітних технологій ми отримали гнучку електромагнітну технологію виготовлення брикету засновану на реалізації розігріву одночасно всього матеріалу «в об'ємі» 5 і 6 рисунку 2. В якості об'єктів дослідження були вибрані біосуміші: Перевірка розробленої технології виготовлення брикетів здійснювалась на основі наступних варіантів складу біокомпозиції, яка наведена у таблиці 1.

Виробництво брикетного палива проходить в наступній послідовності (рис.2). В бункер засипають біоматеріал, відходи подрібненого поліетилену та шкіряний пил. По системі дозаторів матеріал подають в блок змішування, куди також потрапляє вода в розпиленому вигляді та в певній кількості. Біомаса зволожується і до неї пристає шкіряний пил і клаптики поліетилену в змішувачі. Суміш через шлюзову камеру запобігаючи витоків НВЧ енергії в навколишній простір вводиться в екструдер, та в камеру де під дією ЕМП проходить сушіння біомаси. За цей час шкіряний пил та волога підготують поверхню біомаси до з'єднання з розплавленим під дією температури поліетиленом. Розплавлена суміш розтікається, перемішується між собою та формується в циліндричній насадці камери. Потім сформована маса через шлюзову камеру запобігаючи витоків НВЧ енергії в навколишній простір потрапляє в охолоджувач і за допомогою електричного ножа ріжеться на брикети.

Таблиця 1 – Варіанти складу біокомпозиції

Варіант 1		Варіант 2	
1	щепа дуба	1	щепа сосни
2	відходи поліетилену	2	відходи поліетилену
3	тиксотропна добавка	3	тиксотропна добавка
Варіант 3		Варіант 4	
1	щепа липи	1	щепа тополі
2	відходи поліетилену	2	відходи поліетилену
3	тиксотропна добавка	3	тиксотропна добавка

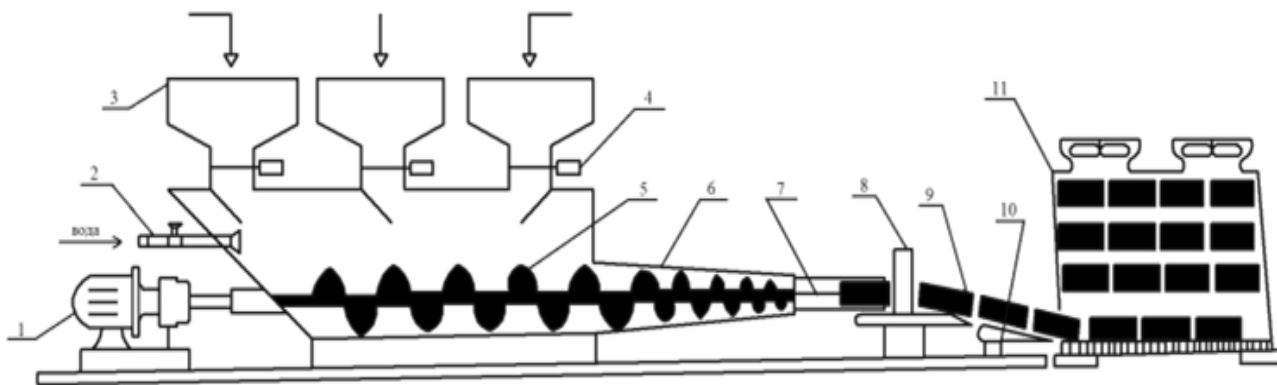


Рис. 2 – Модуль для брикетування біомаси в режимі «біжучої» хвилі ЕМП

1 – електродвигун з редуктором; 2 – система подачі води; 3 – бункер; 4 – дозатор; 5 – гвинт; 6 – конусоподібна трубка з пристроєм надзвичайно високою частоти НВЧ підігрівом; 7 – охолоджувач; 8 – автомат для різки брикетів; 9 – брикет; 10 – віброукладчик; 11 – місце для зберігання.

На рисунку 3 представлено загальний вигляд НВЧ пристрою для рівномірного нагріву по поперечному перерізу заготовки паливних брикетів. А в якості моделі кожної секції НВЧ пристрою, що працює в режимі біжучої хвилі, використана навантажена довга лінія (рис. 4).

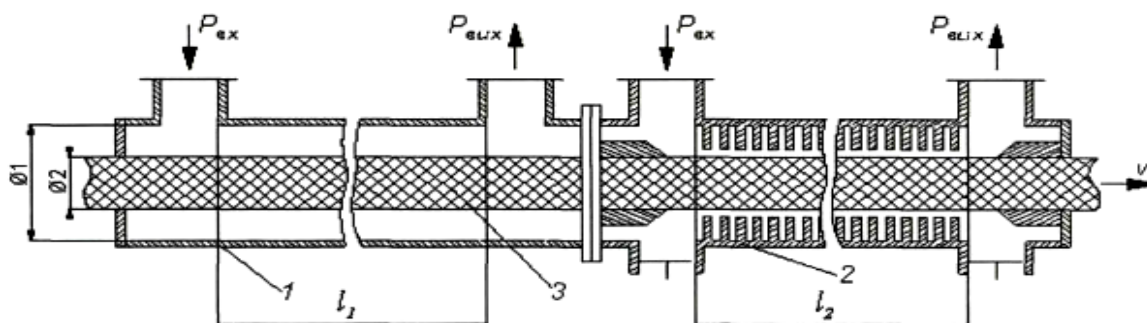


Рис. 3 – Подовжній перетин НВЧ пристрою для термообробки біомаси з малими діелектричними втратами

1 - круглий хвильовід; 2 - двовірно-періодична уповільнююча система; 3 — діелектричний стрижень з матеріалу з малими діелектричними втратами; 4 - провідник; 5 - елементи типу "зв'язка"; 6 - елемент типу "індуктивна діафрагма"; Ø1 - діаметр круглого хвильоводу (Ø1 = 100мм); Ø2 - діаметр діелектричного стрижня і діафрагмованного хвильоводу (Ø2 — 40мм);  $l_1$  - довжина секції круглого хвильоводу;  $l_2$  - довжина секції двовірно-періодичної уповільнюючої системи;  $v$  - швидкість руху біомаси.

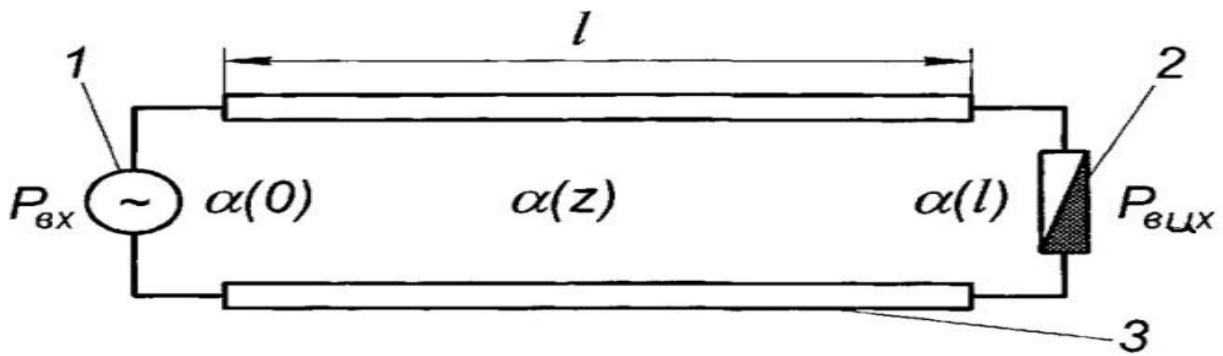


Рис. 4 – Еквівалентна схема НВЧ пристрої термообробки матеріалів типу біжучої хвилі

1 - джерело НВЧ енергії; 2 - узгоджене навантаження; 3 - електродинамічна система з матеріалу, що оброблюється.

Розподіл температурного поля по радіусу діелектричного стрижня в круглому хвилеводі в заданому поперечному перерізі діелектричного стрижня описується виразом [1,2,6,7].

$$T_z(r) \sim T_z(0) \cdot [J_0(\gamma \cdot r)]^2, \quad (1)$$

$$\gamma = \sqrt{k^2 \cdot \varepsilon' - \beta^2}, \quad (2)$$

де  $\varepsilon'$  – дійсна частина відносної діелектричної проникності матеріалу;  
 $\beta$  – фазова постійна поширення:

$$\beta = \frac{2\pi}{\lambda_{\text{хв}}}, \quad (3)$$

де  $\lambda_{\text{хв}}$  – довжина хвилі у хвилеводі;  
 $k$  – хвильове число вільного простору:

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}, \quad (4)$$

де  $\lambda$  – довжина хвилі джерела НВЧ енергії.

Розподіл температурного поля по радіусу діелектричного стрижня у діафрагмованому хвилеводі у заданому поперечному перерізі діелектричного стрижня  $T(r)$  описується виразом [1,2,6,7];

$$T(r) \sim T(0) \cdot e^{-2 \cdot k \cdot k_{\text{зам}} \cdot \sqrt{1 - \frac{\varepsilon'}{k_{\text{зам}}^2}} \cdot r}, \quad (5)$$

де  $T(0)$  - температура на поверхні стрижня в діафрагмованому хвилеводі.

На рисунку 5 представлено розраховані та експериментальні характеристики розподілу температури по поперечному перерізі для

сповільненої системи типу діафрагмований хвилевід в стаціонарному режимі в перерізі "z = 0".

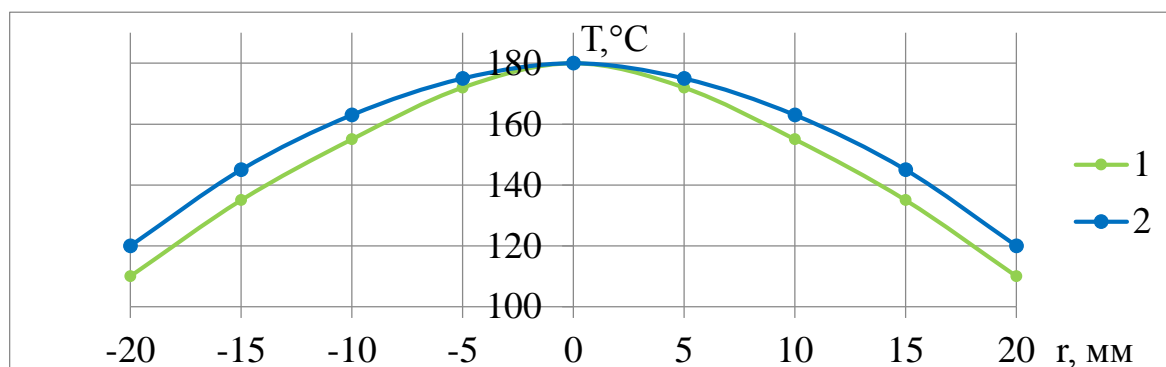


Рис.5 – Розрахункові (1) і експериментальні (2) характеристики розподілу температури по поперечному перерізу стержня в стаціонарному режимі

Теоретичні (1) і експериментальні (2) характеристики розподілу температури по поперечному перерізу діелектричного стрижня представлено на рисунку 6. Для стаціонарного режиму для НВЧ пристрою, дані представлені на рисунку 7. Характеристики отримані шляхом суперпозиції характеристик розподілу температури в стержні від двох секцій НВЧ пристрою в стаціонарному режимі.

Таким чином розкид температурного поля у діелектричному стрижні при нагріванні від 20°C до 180°C не перевищує 18°C. Розходження розрахованих і вимірених характеристик розподілу температурного поля у діелектричному стрижні не перевищує 8%.

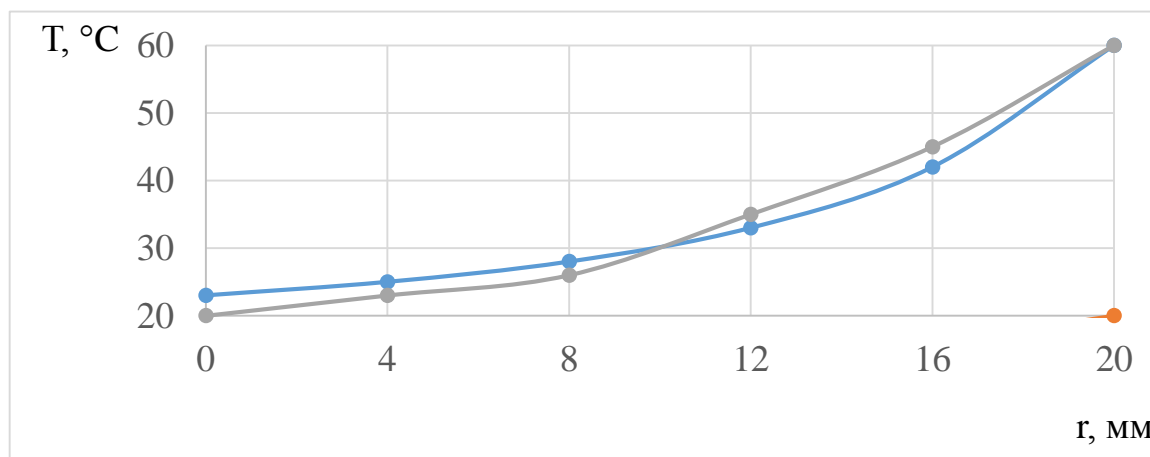


Рис. 6 – Розрахункові (1) і експериментальні (2) характеристики розподілу температури по поперечному перерізу стержня для сповільненої системи типу діафрагмований хвилевід в стаціонарному режимі в перерізі "z = 0".

Отримані по даній технології брикети зручні при транспортуванні та зберіганні, комфортні в застосуванні, легко піддаються розпакуванню. Легко займисті, після розпалення горять вогнем без диму по всьому фронту засипання. В процесі горіння зберігають свою форму, не осипаються та не провалюються крізь щілини колосникової решітки. Вони практично повністю вигорають.



Екологічний та економічний ефекти від використання такого брикетного палива для малої та середньої енергетики дозволяють визначити конкурентоздатність цього виду палива в порівнянні з традиційним.

При НВЧ сушінні деревини основною рушійною силою вологи є надлишковий тиск, що утворюється при випаровуванні цієї вологи.

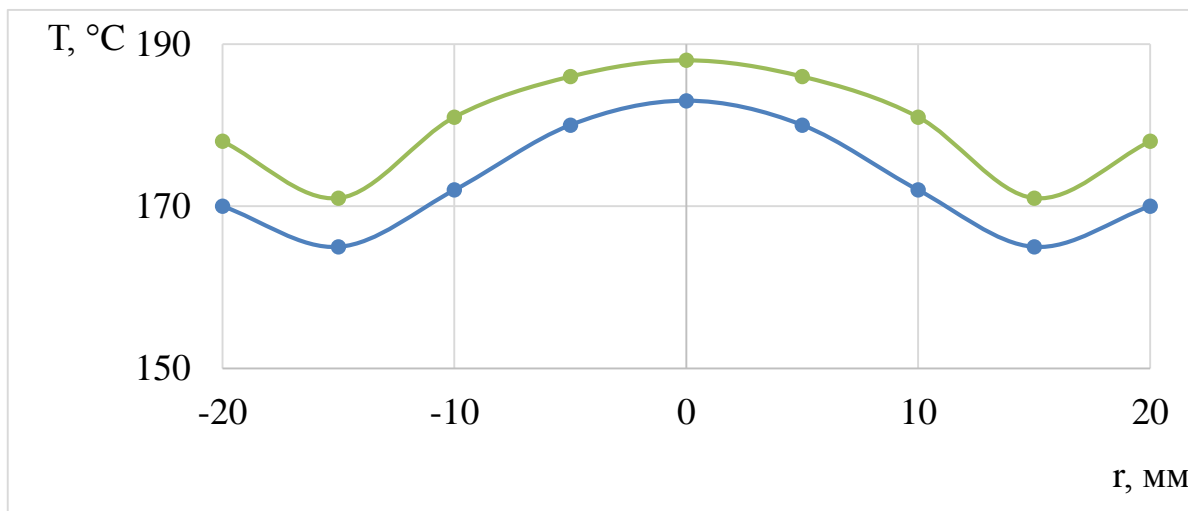


Рис. 7 – Розраховані (1) і експериментальні (2) характеристики розподілу температури по поперечному перерізу діелектричного стрижня для стаціонарного режиму у НВЧ пристрої, отримані при стаціонарному режимі

Діапазон теплоутворювальної здатності досліджених брикетів знаходиться між максимумом 29200 кДж/кг, та мінімумом 28400 кДж/кг. Теоретичні розрахунки теплотворної властивості палива узгоджені з експериментальними дослідженнями.

Важливим показником біопалива є руйнівна напруга при вигинанні. Результати експериментальних випробувань впливу деревинного наповнювача брикета на руйнівну напругу при вигинанні показали, що більші показники межі міцності під час статичного згинання спостерігаються у брикетів, отриманих при зі складу за варіантом 1 і становлять становить 28 МПа та варіант 2- 27,83МПа).

Використовуючи результати імітаційного моделювання, порівняємо пропускні спроможності традиційного потоку і гнучкого.

При збільшенні базової вартості традиційного виробництва паливних брикетів, у зв'язку з використанням гнучкого біопотоку, на (5–7 % від базової вартості виробництва), пропускна спроможність біомаси зростає до 64 % (50–70 % в залежності від структури потоку).

**Висновки.** 1. Аналіз існуючих технологій брикетування рослинної сировини показує що особливу увагу необхідно приділити модулю формування брикету, який найбільш ефективно працює на основі електромагнітних технологій. Запропоновано структуру побудови електромагнітної технології (ЕМТ) з застосуванням надзвичайно високої частоти (НВЧ) виготовлення паливних брикетів з рослинних та деревних відходів.

2. Встановлено, що доцільним вважається сушіння, при якій швидкість просування вологи з внутрішніх шарів наближається до швидкості її

випаровування з поверхні деревини. Таким чином, основним параметром, що визначає тривалість сушіння, є волога провідність. В досягненні інтенсивного руху вологи усередині матеріалу (з центральної зони до його поверхні) є актуальними для отримання високих техніко-економічних показників процесу сушіння.

3. Автоматизація запропонованої технології дозволяє забезпечити високий ко-ефіцієнт завантаження устаткування та зниження собівартості продукції. Тривалість мікрохвильовій сушки деревини зменшується більш ніж у 10 разів порівняно з традиційною обробкою.

4. Техніко-економічні розрахунки показують, що капітальні вкладення при застосуванні гнучкої потокової біотехнології залежно від кількості модулів збільшуються всього на 5–7 % від загальної вартості об'єкта, а пропускна спроможність при цьому підвищується на 50–70 %. Доведено, що не тільки технічні, а й економічні переваги гнучких поточкових технологій очевидні.

### Список використаних джерел

1. Анфиногентов, В.И. Математическое моделирование СВЧ нагрева диэлектриков. – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2006. 140 с.
2. Архангельский Ю.С. Сверхвысокочастотные нагревательные установки для интенсификации технологических процессов. – Саратов: Изд-во Саратовского университета, 1983.
3. Бурмистрова О.Н. Макроскопическое и микроскопическое строение древесины – Ухта: УГТУ, 2013 г.
4. Дьяконов О. В. Забезпечення безпеки життєдіяльності в період глобального потепління на Слобожанщині / Дьяконов О.В., Д'яконов В.І. // Комунальне господарство міст: наук.-техн. зб. — Серія : Технічні науки та архітектура — Харків : ХНУМГ. — 2011. — Вип. 99. — С. 113-117.
5. Д'яконов В. І. Ресурсний потенціал та перспективи використання енергії біомаси для газифікованих двигунів / В. І. Д'яконов, О. В. Богомолів, В. П. Богомолів, О. В. Д'яконов та ін. // Вісн. ХНТУСГ ім. П. Василенка. – Серія : Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв — Харків : ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2011. — Вип. 119. — С.62-67.
6. Лоик Д.А. Исследование и разработка СВЧ устройств термообработки материалов в режиме бегущей волны. Автореферат диссертации Москва, 2009 год. 36 с.
7. Назаров И.В. Измерение распределения температурного поля по сечению материалов в поле бегущей СВЧ волны / М.В. Нефедов, В.Н. Нефедов, Т.А. Потапова, А.В. Мамонтов // Метрология, №3, 2006, стр.9-20.
8. Чудинов Б.С. Вода в древесине. Издательство «Наука» Сибирское отделение. Новосибирск 1984 г.

## **Аннотация**

### **ОБОСНОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ГНУЧКОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА БИОТОПЛИВА ИЗ РАСТИТЕЛЬНЫХ И ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ**

Полянский А.С., Дьяконов А.В.

*Предложенный способ брикетирования, отличающийся от существующих разогревом одновременно всего массива материала «изнутри» и отключении процесса нагрева при его высыхании. Такой подход позволяет распространить количество модифицированного материала брикетов, повысить его калорийность и получить новые свойства, в т. ч. и повышения прочности. Использование разогрева «изнутри», которой способствует массо переноса легко кипящих и водорастворимых соединений на поверхности образца и укрепляет даже без применения высокого давления, разработана гибкая электромагнитная технология (ЭМТ) применением чрезвычайно высокой частоты (СВЧ) изготовления топливных брикетов из растительных и древесных отходов. Автоматизация предложенной технологии позволяет обеспечить высокий коэффициент загрузки оборудования и снижения себестоимости продукции. Продолжительность микроволновой сушки древесины уменьшается более чем в 10 раз по сравнению с традиционной обработкой.*

*Ключевые слова: чрезвычайно высокая частота СВЧ, топливные брикеты, растительные и древесные отходы, гибкая технология.*

## **Abstract**

### **RATIONALE AND DEVELOPMENT OF FLEXIBLE TECHNOLOGY MANUFACTURING OF SOLID BIOFUEL FROM PLANT AND WOOD WASTE**

A. Polanski, A. Dyakonov

*The proposed method of briquetting differs from the existing ones by heating of the material of the whole array from "inside" and turning off the heating process when it dries. This approach allows us to extend the number of modified material briquettes and increase its calorie content and get new properties including the increase of solidity. The use of heating "inside", which promotes mass transfer of easily boiling and water-soluble compounds on the surface of the sample and strengthens it even without high pressure, the flexible electromagnetic technology (EMT) with the use of extremely high frequency (RAMs) manufacture of fuel briquettes from plant and wood waste. Automation of proposed technology allows to provide high load factor of equipment and reducing of production costs. The duration of microwave drying of wood is reduced by more than 10 times compared to traditional processing.*

*Key words: extremely high frequency RAMs, briquettes, plant and wood waste, flexible technology.*

**ДОСЛІДЖЕННЯ РІВНЯ ВИРОБНИЧОГО ТРАВМАТИЗМУ ТА  
ПРОФЗАХВОРЮВАНОСТІ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ПРОДУКЦІЇ  
РОСЛИННИЦТВА В УМОВАХ ВІДКРИТОГО ТА ЗАХИЩЕНОГО  
ГРУНТУ УКРАЇНИ**

**Савченко Л.Г.к.і.н., ассист., Савченко В.М. к.т.н., доц.**  
*Житомирський національний агроекологічний університет*

*В статті представлено рівень виробничого травматизму та профзахворюваності в галузі рослинництва АПК України. Розподілено виробничий травматизму та професійні захворювання в галузі рослинництва за сферами діяльності. Відображено структуру професійних уражень працівників рослинництва захищеного та відкритого ґрунту, типи захворювань, пов'язаних з технологічними процесами при вирощуванні продукції рослинництва. Наведені відомості змушують звернути увагу перш за все на необхідність дотримання технологічної і трудової дисципліни, на підвищення професійного рівня в частині вимог техніки безпеки при роботі з машинами та обладнанням пов'язаних вирощуванням продукції рослинництва, на усунення причин і джерел травмування, на підвищення якості навчання та атестації працівників і підвищення вимогливості при атестації.*

*Ключові слова: АПК України, галузь рослинництва, виробничий травматизм, рівень виробничого травматизму, професійні хвороби.*

Постановка проблеми. Агропромислове виробництво є базовою галуззю економіки країни. У ньому зайнята значна частина працездатного населення і забезпечується близько 5% валового внутрішнього продукту. Хронічної «хворобою» галузі є висока травмонебезпечність виробництва: останні півстоліття галузь стабільно посідає третє місце в країні серед всіх видів економічної діяльності. Коефіцієнт частоти нещасних випадків, в тому числі зі смертельними наслідками, в 1,5 рази вище середнього по країні, а питомі витрати на працезохоронні заходи в галузі становлять 24% від таких по країні. При цьому особливо небезпечною визнано працю в галузі рослинництва, якій властиві сезонність і польовий характер робіт, експлуатація низько кваліфікованими працівниками засобів механізації, що часто є застарілими та мають високий ступінь зносу, відсутність технічних інструкцій. І це далеко не повний перелік обставин, що виокремлюють рослинництво як галузь, де рівень виробничого травматизму і профзахворюваності потребують ґрунтового аналізу, а умови праці вимагають суттєвого поліпшення.

Метою статті є аналіз сучасного стану виробничого травматизму та професійної захворюваності при вирощуванні продукції рослинництва

Виклад основного матеріалу. В Україні налічується понад 34505 сільськогосподарських підприємств, що виробляють продукцію рослинництва [0, с. 166], при цьому їх значна фрагментація на території, велика частка

сімейних підприємств, в яких відсутні або незначно присутні сторонні співробітники, а також відсутність відповідної інфраструктури зробили галузь «сірою зоною» для дослідження особливостей охорони праці.

В роботі [8] досліджено та проаналізовано рівень виробничого травматизму та профзахворюваності в галузі тваринництва та переробки продукції тваринництва апк України. В роботі [9] проведено аналіз статистичних даних з виробничого травматизму та професійної захворюваності робітників АПК, зокрема сфери ремонту та технічного обслуговування машинно-тракторного парку. Розглянуто головні причини нещасних випадків при експлуатації, технічному обслуговуванні і ремонті сільськогосподарської техніки.

В останні роки в галузі АПК щорічно реєструвалося чимало нещасних випадків, значну частку з яких складають випадки з тяжким і смертельним результатом. Так, у 2015 р. було зафіксовано 383 нещасних випадків, в яких постраждало 391 особа, з них загинуло 78 осіб, а ще 41 особі було встановлено інвалідність [11]. Причому частка загиблих працівників рослинництва в загальній кількості найбільша, при цьому найбільше їх число реєструється при вирощуванні і первинній обробці зернових культур і заготівлі трав на сіно і зелений корм (рис. 1). Так, у 2015 р. на підприємствах галузі відбулося 159 випадків, що призвели до загибелі 29 осіб. Крім того, за наслідками нещасних випадків було встановлено інвалідність 17 працівникам. Для порівняння у 2014 р. в галузі рослинництва сталося 171 нещасних випадків, що призвели до загибелі 31 особи, інвалідність встановлено 19 працівникам галузі.

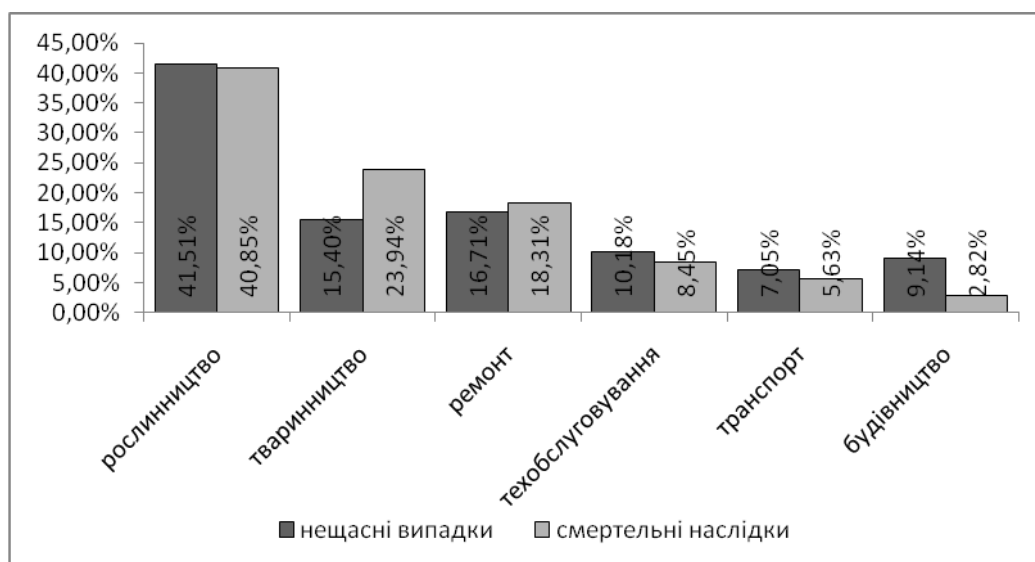


Рис. 1 – Розподіл частки постраждалих працівників сільського господарства у 2015-16 рр. за основними видами діяльності, %

Наведені дані свідчать про незадовільний стан роботи з охорони праці в сільському господарстві, особливо в приватних фермерських господарствах [0]. Їх керівники, як правило, не проходять навчання та перевірку знань з охорони праці, не знають і не дотримуються елементарних вимог безпеки при організації та виробництві сільськогосподарських робіт. Це призводить до сумних наслідків.

Травматизм в АПК пов'язаний з сезонністю проведення робіт. Так, найбільша кількість нещасних випадків спостерігається в період проведення збиральних робіт з липня по жовтень. За ці чотири місяці в рослинництві відбувається більше половини нещасних випадків. Збільшення числа нещасних випадків також відзначається під час проведення посівних і передпосівних робіт в травні і червні.

Традиційно найнебезпечнішими професіями в сільському господарстві є тракторист-машиніст (механізатор) – 33,8%, комбайнер – 15,5%, водій – 9,86% [0, с. 8].

Частка загиблих зі стажем роботи до 10 років становить 57,75%, що, швидше за все, пов'язано з недостатньою ефективністю навчання з охорони праці або його відсутністю [0].

Працівники найчастіше гинуть в найбільш працездатному віці від 31 до 45 років, на їх частку припало 43,66% загиблих. Крім того, в агропромисловому виробництві реєструються випадки загибелі підлітків – 1,4 % від кількості загиблих працівників [0].

Найбільш часто як чоловіки, так і жінки травмуються у віці від 18 до 25 років (25,35% випадків), що, швидше за все, пояснюється недостатнім досвідом і навичками в роботі. Великий відсоток постраждалих реєструється у віці від 41 року до 50 років (12,67%). Очевидно, в цьому віці і при великому стажі роботи притупляється відчуття небезпеки.

Наведемо приклад нещасного випадку, який стався в фермерському господарстві «Олександрівка» Приазовського району Запорізької області під час перевезення в липні 2015 р. силосної маси з поля на тракторі Т150К з причепом двигун трактора заглух. Для його запуску пусковим двигуном тракторист, 1992 р.н., вийшов з кабіни, залишивши важіль перемикання передач у включеному стані. При запуску основного двигуна з несправним блокуванням і включеною передачею трактор почав рух і наїхав на тракториста, смертельно його травмувавши. При розслідуванні було виявлено, що трактор не проходив щорічного техогляду, експлуатувався з відключеною системою блокування запуску двигуна, що не допускає його пуск при включеній передачі в коробці передач. Був відсутній акт приймання трактора з капремонту. Потерпілий тракторист не проходив навчання з охорони праці [0].

В результаті нещасних випадків гинуть не тільки робочі, а й службовці, керівники та головні спеціалісти організацій. Так, за період досліджень в рослинництві на частку керівників і головних фахівців довелося 3,2% від загального числа загиблих.

Якщо порівнювати рівень виробничого травматизму та профзахворюваності при вирощуванні продукції рослинництва в умовах відкритого та захищеного ґрунту, то можна зазначити, що на польові роботи приходить 83,02% всіх нещасних випадків галузі та 89,66% випадків зі смертельними наслідками. В той же час рівень профзахворюваності працівників тепличних комплексів значно вищий – 74,07% від загальної кількості зафіксованих випадків.

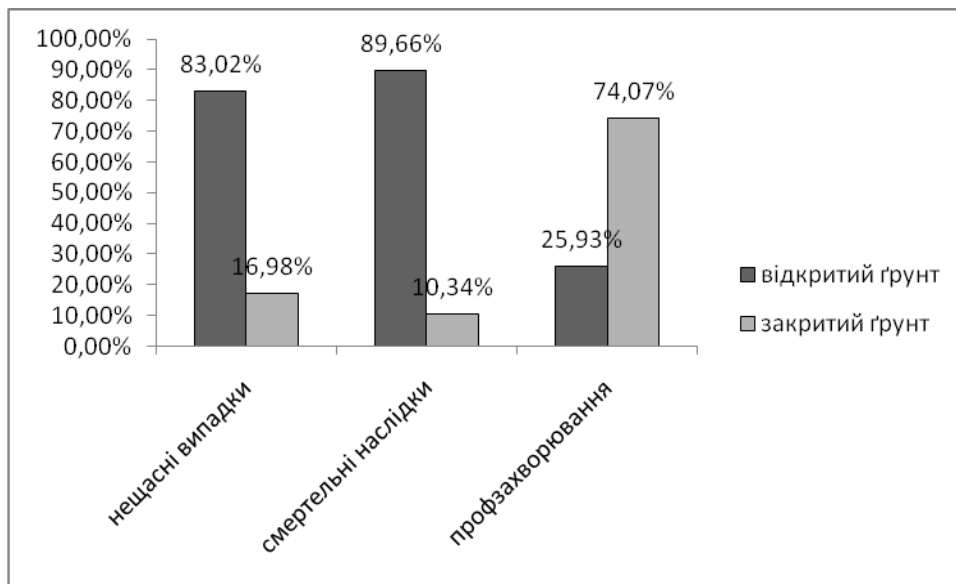


Рис. 2 – Розподіл частки постраждалих працівників рослинництва у 2015-16 рр., що працюють в умовах відкритого та захищеного ґрунту, %

При цьому основною причиною смертельних випадків, що стаються в при вирощуванні продукції в умовах закритого і відкритого ґрунту є організаційна. Як приклад наведемо нещасний випадок зі смертельним наслідком, який стався у вересні 2015 р. з головою сільськогосподарського виробничого кооперативу «Агрофірма Україна». Голова СВК «Агрофірма Україна» отримав травми не сумісні з життям у результаті падіння з висоти 5-6 метрів. Постраждалий, заліз на дах тепличного комплексу для ремонту. При переміщенні дахом одне скло не витримало його ваги та провалилося. Потерпілий впав на вирощуванні рослини. У ході розслідування комісія встановила, що основною причиною нещасного випадку є організаційна — допуск до роботи без проходження навчання та перевірки знань з охорони праці [0].

Аналіз умов праці показує, що однією з основних причин виникнення професійних захворювань працівників галузі є використання різних агрохімікатів. Агрохімікати та продукти їх розпаду знаходяться на рослинах, обладнанні і будівельних конструкціях, в повітрі та ґрунті і в залежності від концентрації і тривалості контакту здатні викликати гострі або хронічні захворювання хімічної етіології, а також загострювати і ускладнювати існуючі захворювання.

Зазначимо, що ризик захворювань у працівників відкритого ґрунту значно нижчий, ніж у працівників технічних комплексів. Широке використання пестицидів у сільському господарстві обумовлює можливість їхнього токсичного впливу на організм людини як, в умовах прямого контакту, так і опосередковано – через рослинну та тваринну їжу. В організмі пестициди включаються в проміжний обмін, можуть брати участь у реакціях окислювання і відновлення, гідролізу, кон'югації, ізомеризації тощо [0; 0]. Хронічні інтоксикації виникають, як правило, у стажованих робітників (стаж роботи не менше 10-12 років). В картині хронічної інтоксикації має місце коливання неврологічних змін від функціональних проявів (астенічний, астеновегетативний

синдром) до органічної симптоматики (токсична енцефалопатія). В ряді випадків спостерігається порушення серцево-судинної системи (токсична міокардіодистрофія). Нерідко зустрічаються ознаки токсичного ураження травного тракту у вигляді дискінезії жовчовивідних шляхів, гастриту, гепатиту [10, с. 167].

Основними несприятливими факторами працівників рослинництва відкритого ґрунту є вібрація, шум, коливання температур повітря, зокрема, праця в умовах низьких та високих температур, пил, робоча поза, в якій доводиться перебувати декілька годин та значні фізичні навантаження. Всі ці фактори призводять до розвитку хвороб периферійної нервової системи та опорно-рухового апарату, вібраційної хвороби, хвороб органів дихання, інфекційних та паразитарних захворювань, інтоксикації та алергодерматозу.

Високий рівень травматизму та профзахворюваності на виробництві в організаціях рослинництва вимагає найпильнішої уваги до питань охорони праці. Деякі кроки вже зроблені, зокрема, на державному рівні Міністерстві аграрної політики та продовольства України створено Сектор охорони праці та пожежної безпеки, на спільних засіданнях з президіями профспілок та запрошеними керівниками і фахівцями підприємств галузі та профспілкового активу, щорічно обговорюються питання охорони праці в сільському господарстві. У 2012 р. Міністерством надзвичайних ситуацій розроблено і затверджено «Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві», які визначили основні вимоги щодо безпеки під час одержання продукції рослинництва [0]. Одночасно в останні роки в ряді суб'єктів України вжиті заходи по зміцненню служби охорони праці на деяких приватних підприємствах галузі, переважно великих та експортоорієнтованих, що зумовлено прагненням до розвитку корпоративної соціальної відповідальності. Проте ці заходи хоча і призвели до скорочення загальної кількості нещасних випадків в рослинництві все одно виявилися недостатніми для забезпечення гідних умов праці.

Висновки. Рослинництво різко відрізняється від інших галузей економіки займаючи особливе місце в питаннях створення умов праці та забезпечення її безпеки. Дослідження випадків травматизму галузі рослинництва показало, що на багатьох підприємствах рослинництва незадовільно організовано виробництво робіт, об'єкти експлуатуються понад нормативний термін без капітального ремонту, використовуються застарілі травмонебезпечні технології, керівники робіт і роботодавці не знайомі з новими досягненнями працезахоронної науки і передової практики.

Проведений аналіз показав, що потребує вдосконалення практика підвищення кваліфікації фахівців служб охорони праці та навчання працюючих (включаючи професійну підготовку робітників), а також трудова і технологічна дисципліна, зустрічаються порушення вимог інструкцій з охорони праці, відсутність цільових інструктажів. Разом з тим близько 75% підприємств не мають стратегічних планів поліпшення умов і охорони праці та модернізації виробництва, не фінансуються (або недостатньо фінансуються) заходи щодо поліпшення умов праці, не включають в структуру підприємств фахівців з охорони праці.



Крім того, має місце: недооцінка роботодавцями важливості та економічної доцільності поліпшення умов і охорони праці; постійне відставання від вимог виробництва нормативно-правового, інженерно-технічного, санітарно-гігієнічного та ергономічного забезпечення охорони праці, стабільно складне фінансово-економічне становище сільськогосподарських підприємств останні 20 років, порушена галузева вертикаль управління охороною праці, скорочення всупереч логіці наукових досліджень з охорони праці.

У підсумку зростає погіршення забезпеченості працівників рослинництва засобами індивідуального захисту (ЗІЗ), незабезпеченість підприємств і організацій дипломованими фахівцями з охорони праці, недостатня кваліфікація в галузі охорони праці адміністративно-технічних керівників виробництва, низький рівень навчання і перевірки знань вимог охорони праці серед працівників виробництва, невизначеність шляхів в стратегії і тактиці динамічного зниження і ліквідації виробничого травматизму.

### Список використаних джерел

1. Аналіз страхових нещасних випадків на виробництві та профзахворювань за 2015 рік // Фонд соціального страхування від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань України [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.social.org.ua/view/5456>
2. Войналович О. Сучасні аспекти охорони праці на підприємствах АПК / О. Войналович, В. Скафа // Охорона праці. – 2005. – № 7. – С. 8-10.
3. Гірін С.В. Сумісна дія ксенобіотиків на стан антиоксидантної системи організму // Укр. біохімічний журнал. – 1999. – Т.7 – № 1. – С. 103- 108
4. Головне управління держпраці у Запорізькій області [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://zp.dsp.gov.ua/neshasni\\_vypadki.htm](http://zp.dsp.gov.ua/neshasni_vypadki.htm)
5. Охорона праці в аграрному секторі економіки України /Міністерство аграрної політики та продовольства України [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://www.minagro.gov.ua/uk/ministry?tid\\_hierachy=295](http://www.minagro.gov.ua/uk/ministry?tid_hierachy=295)
6. Про затвердження Правил охорони праці у сільськогосподарському виробництві: Наказ МНС України від 26.11.2012 № 1353 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/z2075-12>
7. Рослинництво України 2015: статистичний збірник / Державна служба статистики України [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat\\_u/publ7\\_u.htm](http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/publ7_u.htm)
8. Савченко Л.Г. Дослідження рівня виробничого травматизму і профзахворюваності в галузі тваринництва та переробки продукції тваринництва апк україн/ Л.Г. Савченко, Н.М. Цивенкова, В.М. Савченко//Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. -2016.-Вип.1(25). С. 111-118
9. Савченко Л.Г. Дослідження рівня виробничого травматизму та професійної захворюваності в галузі технічного сервісу АПК України/ Л.Г. Савченко, Н.М. Цивенкова, В.М. Савченко// Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. – 2016. – № 6. –

- С. 100-106
10. Семерня О. В. Аналіз впливу шкідливих виробничих факторів на розвиток професійних захворювань працівників сільського господарства / О. В. Семерня // Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія : Механізація та автоматизація виробничих процесів. - 2016. - Вип. 3. - С. 164-170.
  11. Травматизм на виробництві у 2014-2015 рр.// Державна служба статистики України [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.ukrstar.gov.ua/>
  12. Coon M.J., Koop D.R., Black S.D. Role of p-450 oxygenases in responses to chemical exposure // Genet. Variabil. Responses Chem. "Exposure" Cold Spring Harbor N-Y. – 1985. – P. 51-63.

## **Аннотация**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА И ПРОФЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА В УСЛОВИЯХ ОТКРЫТОГО И ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА УКРАИНЫ**

Савченко Л.Г., Савченко В.Н.

*В статье представлен уровень производственного травматизма и профзаболеваемости при выращивании продукции растениеводства в условиях открытого и защищенного грунта АПК Украины. Распределен производственный травматизм и профессиональные заболевания в растениеводстве по сферам деятельности. Отображено структуру профессиональных поражений работников растениеводства, типы заболеваний, связанных с процессами при выращивании продукции растениеводства в условиях открытого и защищенного грунта Украины, распределение первично выявленных профессиональных заболеваний и отравлений по продолжительности воздействия на работающих основных неблагоприятных производственных факторов. Приведенные сведения заставляют обратить внимание прежде всего на необходимость соблюдения технологической и трудовой дисциплины, повышение профессионального уровня в части требований техники безопасности при работе с машинами и оборудованием связанных с процессами выращивания продукции растениеводства в условиях открытого и защищенного грунта, на устранение причин и источников травмирования, повышение качества обучения и аттестации работников и повышение требовательности при аттестации.*

*Ключевые слова: АПК Украины, отрасль растениеводства, производственный травматизм, уровень производственного травматизма, профессиональные болезни.*

## Abstract

### **RESEARCHING THE LEVEL OF PRODUCTION TRAUMATISM AND PROFESSIONAL SICKNESS IN THE FIELD OF OPEN AND PROTECTED GROUND CROP CULTIVATION IN UKRAINE**

L. Savchenko, V. Savchenko

*This work researches level of occupational injuries and professional sickness in the field of open and protected ground crop cultivation of agrarian and industrial complex of Ukraine. The analysis of the types of diseases associated with field of open and protected ground crop cultivation and given the structure of injuries of professional staff in the field. An initial allocation of identified occupational diseases and poisoning effect on the duration of working main adverse factors. Thus, the main cause of injury to workers is a violation of the labor process, that access to work without instruction, without training, lack of labor protection instructions, and more. These data are forced to pay attention primarily on the need to respect the technological and labor discipline, to improve the professional level of safety requirements when working with machinery and equipment, with service to address the causes and sources of injury, to improve the quality of training and certification of staff and increased rigor in the evaluation.*

*Keywords: agrarian and industrial complex of Ukraine, open and protected ground of crop cultivation, occupational injuries, level of production traumatism, professional sickness.*

**АППРОКСИМАЦИЯ ФУНКЦИИ НОРМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ  
ФУНКЦИЕЙ ЛОГИСТИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ЕЁ  
ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАДЁЖНОСТИ  
МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

**Дубницкий В. Ю.**

*Харьковский институт ГВУЗ «Университет банковского дела»*

**Фесенко Г. В.**

*Харьковский национальный университет городского хозяйства  
имени А.Н. Бекетова*

**Черепнев И. А.**

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства  
имени Петра Василенко*

*На основе анализа статистических данных о человеческих потерях при техногенных катастрофах установлено, что основной причиной их вызывающих может быть недостаточная прочность материалов конструкций по отношению к внешним воздействиям.*

*Показано, что вероятностные модели, применяемые при расчете надежности механических конструкций по отношению к внешним воздействиям, могут быть источником снижения техногенной опасности. Так, как эти модели основаны на анализе композиций функций распределения прочности материала и внешнего воздействия, то их результат может быть представлен с применением специальных функций, например, функции нормального распределения. Для удобства численного анализа полученных результатов в работе предложена аппроксимация функции нормального распределения функцией логистического распределения.*

*В работе рассмотрены различные виды такой аппроксимации и оценена их абсолютная погрешность. Предложена оценка абсолютной погрешности надежности конструкции при условии, что закон распределения нагрузки экспоненциальный, закон распределения нагрузки нормальный. Предложен способ оценки абсолютной погрешности величины надежности при условии замены нормального распределения логистическим.*

*В том случае, когда параметры логистического распределения необходимо оценить по выборочным данным, предложены уравнения метода максимума правдоподобия.*

*Уравнения приведены для двух случаев. В первом следует оценить математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение, во втором случае следует оценить параметры положения и масштаба. Для решения уравнений методом Ньютона приведены для каждого случая системы уравнений. Приведены оценки параметров логистического распределения,*

*полученные по методу моментов и рекомендуемые в качестве начального приближения при решении систем уравнений метода максимума правдоподобия.*

*Ключевые слова: надёжность механических систем, логистическое распределение, аппроксимация нормального распределения, метод максимума правдоподобия.*

**Введение.** Один из основоположников теории надёжности в своей, ставшей на долгие годы программной работе [1], определил её основную задачу так: «Синтез надёжных организмов из ненадёжных компонент». При управлении надёжностью радиоэлектронных систем у конструктора есть три источника влияния: элементная база, программные средства и архитектура устройства. Весьма приблизительным аналогом этого понятия применительно к механической системе может быть её расчетная или кинематическая схема. Важной методической особенностью расчета надёжности механической системы является то, что необходимо учитывать не только случайный характер её свойств, но и случайный характер воздействий на неё внешней среды.

В работе [2] отмечено, что одним из наиболее перспективных методов усовершенствования расчетов надёжности машин и оборудования сельскохозяйственного производства может быть разработка новых и совершенствование существующих вероятностных моделей механической надёжности, отвечающих закономерностям функционирования машин и оборудования сельскохозяйственного производства. Сюда же следует добавить и модели возникновения отказов при их эксплуатации.

В работах [3, 4] рассмотрены вероятностные модели возникновения отказов при работе различных видов сельскохозяйственной техники. Методическая особенность этих работ в том, что в них изучены статистические свойства явления отказа, но не рассмотрено взаимодействие напряжений, возникающих в конструктивных элементах под влиянием внешних воздействий и прочностных свойств материалов, из которых они изготовлены.

Подтверждение сказанного можно найти в работах [5-8]. Начиная со второй половины XX века, практически во всём мире, фиксируется устойчивый рост количества катастроф техногенного характера (рисунок 1) [5].

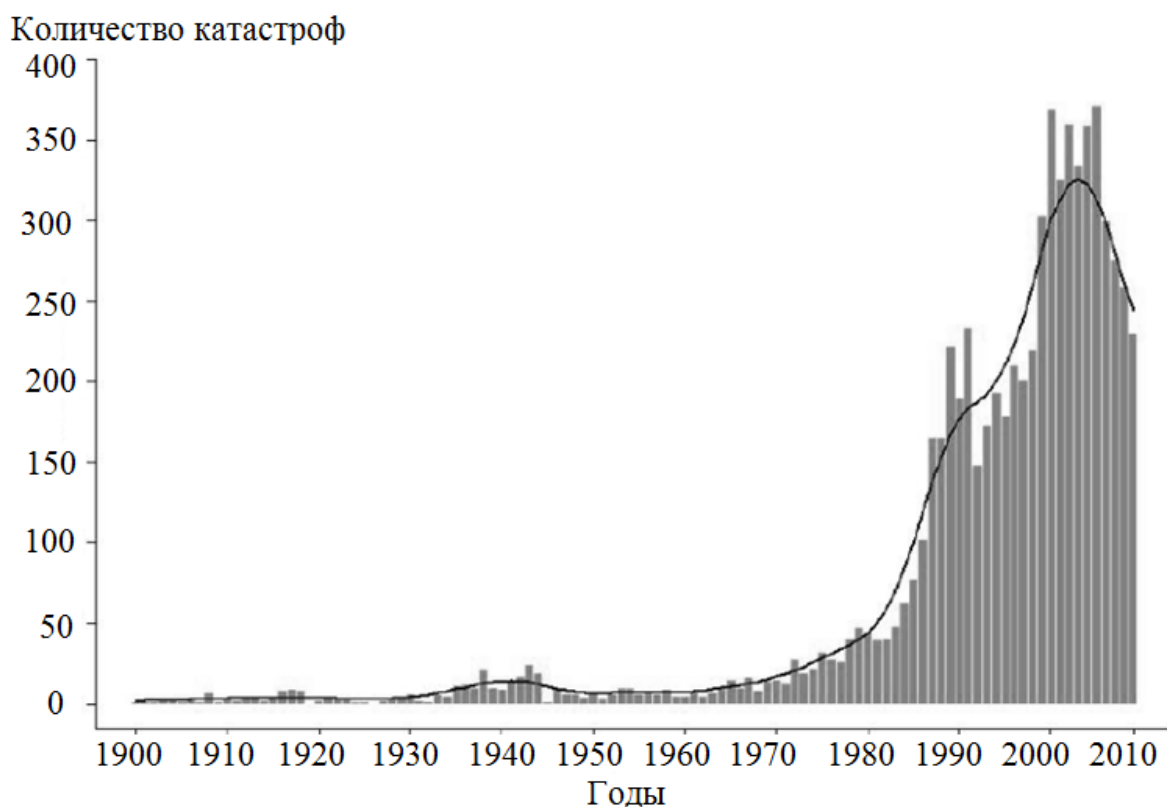


Рис. 1 – Техногенные катастрофы 1900-2010 гг.

В Украине также наблюдалась устойчивая тенденция преобладания чрезвычайных ситуаций техногенного характера в общем перечне происшествий. Исключением стал только 2015 год: «У 2015 році зареєстровано найменшу кількість загиблих у надзвичайних ситуаціях (НС) та найменшу кількість НС техногенного характеру за весь період спостережень 1997-2015 років» [6] (цитируется на языке оригинала).



Рис. 2 – Основные причины наиболее крупных аварий

По данным Организации Объединенных Наций основной причиной наиболее масштабных аварий были механические неисправности (44%), на втором месте – т.н. «человеческий фактор» (22%) (рисунок 2) [7].

В табл. 1 представлены обработанные авторами сведения о количестве несчастных случаев со смертельным исходом, которые произошли на предприятиях АПК Украины за период 2007- 2011 г.г. Первичный материал для построения таблицы 1 приведен в работе [8].

Таблица 1 – Наиболее травмоопасные профессии на предприятиях АПК Украины

№ п/п	Наименование профессии	Года				
		2007	2008	2009	2010	2011
1	Тракторист-машинист	24	19	20	19	25
2	Подосбный рабочий	30	16	8	10	18
3	Водитель	28	20	13	13	16
4	Сторож (охранник)	18	11	11	9	9
5	Слесарь	7	10	8	5	8

Из этой таблицы видно, что на долю трактористов-машинистов и водителей приходится около половины инцидентов. Причины этого, по мнению авторов данного сообщения, в том, что в обслуживаемых ими объектах не были в полной мере учтены разного рода экстремальные воздействия на материал конструкций.

Анализ литературы. В работе [9] надежность  $N$  конструкции определена в виде условия:

$$N = P(R > S), \quad (1)$$

где:  $P$  – вероятность события, состоящего в том, что случайная величина  $R$ , определяемая как несущая способность конструкции, превысит значение случайной величины  $S$ , определяемой как действующее максимальное напряжение. Законы распределения этих величин и их параметры могут быть известны или определены по выборочным данным.

В свою очередь предполагается что:

$$S = Kq, \quad (2)$$

где:  $q$  – нагрузка, действующая на конструкцию,  $K$  – коэффициент, зависящий от размеров поперечного сечения конструкции. Для основных типов конструкций способ его определения приведен в работе [9].

Решение задачи, сформулированной в виде условия (1) для различных вариантов сочетания законов распределения величин  $R$  и  $S$  дано в работах [9-13]. В этих работах не все полученные результаты приведены в явном виде. Во многих случаях использованы специальные функции, свойственные некоторым из функций распределений, что затрудняет управление ими. Необходимость такого управления для организации вычислительных процессов показана в

работе [14]. В работе [15] показано, что применение управления функцией распределения необходимо в тех случаях, когда при оценке надёжности конструкций невозможно пренебречь особенностями процессов, происходящих в них под влиянием внешней среды, например, в механических конструкциях. Способом, упрощающим процесс управления функциями распределения случайных величин, может быть их аппроксимация более простыми выражениями. В работе [16] отмечено, что одним из способов аппроксимации функции нормального распределения может быть её замена функцией логистического распределения. Однако анализ способов такой аппроксимации в доступной авторам литературе отсутствует.

Постановка задачи. Сравнение погрешностей различных способов аппроксимации нормального распределения логистическим, решение уравнений метода максимума правдоподобия, необходимых для оценки параметров логистического распределения, применение полученной аппроксимации для оценки надёжности механических систем.

Полученные результаты. Подробные сведения о свойствах логистического распределения изложены в работе [17]. Логистическим распределением называют распределение случайной величины  $X$ , плотность распределения которой имеет вид:

$$F(x) = \begin{cases} 1 - \left[ \exp\left(\frac{x-a}{b}\right) \right]^{-1} \\ \left[ 1 + \exp\left(-\frac{x-a}{b}\right) \right]^{-1} \\ \frac{1}{2} \left[ 1 + \operatorname{th} \left\{ \frac{1}{2} \left( \frac{x-a}{b} \right) \right\} \right] \end{cases}, \quad (3)$$

при условии, что  $x \in (-\infty, +\infty)$  и  $b > 0$ .

Плотность этого распределения имеет вид:

$$f(x) = \begin{cases} b^{-1} \left[ \exp\left(\frac{x-a}{b}\right) \right]^{-1} \left[ 1 + \exp\left(\frac{x-a}{b}\right) \right]^{-2} \\ b^{-1} \left[ \exp\left(-\frac{x-a}{b}\right) \right]^{-1} \left[ 1 + \exp\left(-\frac{x-a}{b}\right) \right] \\ (4b)^{-1} \operatorname{sch}^2 \left\{ \frac{1}{2} \left( \frac{x-a}{b} \right) \right\} \end{cases}. \quad (4)$$

В условиях (3) и (4) величина  $a$  – параметр положения, величина  $b$  – параметр масштаба. В работе [18] показано, что параметр положения и параметр масштаба связаны с числовыми характеристиками случайной величины  $X$ , распределённой по логистическому закону следующими соотношениями:

$$m = a, \quad b = \frac{\sigma\sqrt{3}}{\pi}, \quad v = \frac{\sigma}{m} = \frac{b\pi}{m\sqrt{3}}, \quad (5)$$

где  $m$  – математическое ожидание,



$\sigma$  – среднеквадратическое отклонение,  
 $\nu$  – коэффициент вариации.

В работе [17] предложено для аппроксимации функции нормального распределения использовать функции логистического распределения в виде:

$$F_1(x) = \left[ 1 + \exp \left\{ -\frac{\pi(x-a)}{\sigma\sqrt{3}} \right\} \right]^{-1} \quad (6)$$

и

$$F_2(x) = \left[ 1 + \exp \left( -\frac{\pi(x-a)}{\sigma\sqrt{3.41}} \right) \right]^{-1}. \quad (7)$$

Приняв, что:

$$y = \frac{x-m}{\sigma}, \quad (8)$$

представим функцию нормального распределения в виде:

$$\Phi_1(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^y \exp \left( -\frac{y^2}{2} \right) dy \quad (9)$$

и

$$\Phi_2(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{16y/15} \exp \left( -\frac{y^2}{2} \right) dy. \quad (10)$$

Пусть  $x_L$  и  $x_N$  переменные, распределённые по логистическому и нормальному закону соответственно. Тогда справедливо равенство:

$$\frac{\pi(x_L - m)}{\sigma\sqrt{3.41}} = \frac{16}{15} \cdot \frac{(x_N - a)}{\sigma}. \quad (11)$$

В общем случае условие аппроксимации можно представить в виде:

$$\Phi(x) = \left[ 1 + \exp \left( -k \frac{x-a}{\sigma} \right) \right]^{-1}, \quad (12)$$

при условии, что:

$$k = \begin{cases} k_1 = \frac{\pi}{\sqrt{3}} = 1,81379 \\ k_2 = \frac{\pi}{\sqrt{3.41}} = 1,70127 \end{cases}. \quad (13)$$

Для сравнения предлагаемых методов рассмотрим числовой пример.

Таблица 2. Результаты численной аппроксимации нормального распределения логистическим

Значения переменной x	Значения функций плотности вероятности			
	$\Phi_1(x)$	$\Phi_2(x)$	F1(y)	F2(y)
3	0,0002	0,002	0,0002	0,0025
5	0,0062	0,0106	0,0098	0,0104
7	0,0668	0,061	0,1026	0,0722
9	0,3085	0,2873	0,4207	0,2992
11	0,9151	0,7123	0,8069	0,7007
13	0,9932	0,9328	0,9733	0,9277
15	0,9938	0,9893	0,9986	0,9860

Примечание: пояснения к обозначению функций даны в тексте статьи.

Все результаты, приведенные в таблице 2, выполнены при условии, что  $m = 10$  и  $\sigma = 2$ . Из приведенных в этой таблице результатов вычислений следует, что результаты с одинаковыми нижними индексами дают хорошее совпадение. Выбор более предпочтительного варианта представления переменных выходит за рамки данного сообщения.

При подготовке данных для расчета надёжности могут возникнуть следующие ситуации:

Параметры аппроксимируемого распределения известны. В этом случае для выполнения вычислений достаточно использовать приведенные выше условия (6)-(9).

Параметры аппроксимируемого распределения неизвестны и их следует определить по результатам наблюдений. В этом случае предлагается предварительно использовать метод максимума правдоподобия для получения оценок параметров и после этого также использовать условия (6)-(9). Для нормального распределения оценки его параметров, определённые по методу моментов и методу максимума правдоподобия, совпадают и будут равны величинам:

$$\hat{m} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i ; \quad \hat{s} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \hat{m})^2} . \quad (14)$$

В том случае, когда по результатам наблюдений нужно определить величины  $\hat{m}$  и  $\hat{s}$  в предположении справедливости логистического распределения система уравнений метода максимума правдоподобия примет вид:

$$\begin{cases} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[ 1 + \exp \left\{ \frac{\pi(x_i - \hat{m})}{\hat{s}\sqrt{3}} \right\} \right]^{-1} - \frac{1}{2} = 0 \\ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{x_i - \hat{m}}{\hat{s}} \right) \cdot \frac{1 - \exp \left\{ \pi(x_i - \hat{m})/(\hat{s}\sqrt{3}) \right\}}{1 + \exp \left\{ \pi(x_i - \hat{m})/(\hat{s}\sqrt{3}) \right\}} - \frac{\sqrt{3}}{\pi} = 0 \end{cases} . \quad (15)$$

В том случае, когда по результатам наблюдений нужно определить величины  $a$  и  $b$  в предположении справедливости логистического распределения,

система уравнений метода максимума правдоподобия примет вид:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n \frac{\exp[(x_i - \hat{a})/\hat{b}]}{1 + \exp[(x_i - \hat{a})/\hat{b}]} - \frac{n}{2} = 0 \\ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{x_i - \hat{m}}{\hat{s}} \right) \cdot \frac{1 - \exp\left\{ \pi(x_i - \hat{m})/(\hat{s}\sqrt{3}) \right\}}{1 + \exp\left\{ \pi(x_i - \hat{m})/(\hat{s}\sqrt{3}) \right\}} - \frac{\sqrt{3}}{\pi} = 0 \end{cases} \quad (16)$$

Решение этого уравнений может быть получено, например, методом Ньютона в том виде, в котором он описан в работе [19]. Для упрощения работы при составлении программной реализации указанного метода приведём необходимые соотношения. Для решения системы вида:

$$\begin{cases} U_1(t_1, t_2) = 0 \\ U_2(t_1, t_2) = 0 \end{cases} \quad (17)$$

относительно неизвестных  $T(t_1, t_2)$  следует определить матрицу:

$$W(T) = \begin{pmatrix} \frac{\partial U_1}{\partial t_1} & \frac{\partial U_1}{\partial t_2} \\ \frac{\partial U_2}{\partial t_1} & \frac{\partial U_2}{\partial t_2} \end{pmatrix}. \quad (18)$$

Для системы (15) получим, что:

$$T(t_1, t_2) = T(\hat{m}, \hat{s}) \quad (19)$$

и для системы (16) получим, что:

$$T(t_1, t_2) = T(\hat{a}, \hat{b}). \quad (20)$$

Тогда решение этих систем будем искать в виде:

$$T^{(p+1)} = T^{(p)} - W^{-1}(T^p) U(T^p). \quad (21)$$

В качестве начальных приближений следует принять значения параметров распределений, полученных по методу моментов и заданных условиями (5) и (14). Для упрощения дальнейших преобразований примем, что:

$$g = \pi \frac{\sqrt{3}}{3} = 1,813799. \quad (22)$$

Элементы матрицы  $W$  для системы (15) представим в виде:

$$\frac{\partial U_1}{\partial m} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{\exp\left(\frac{gx_i}{s}\right) + \exp\left(\frac{gm}{s}\right)}{ns\sqrt{3} \cdot \left( \exp\left(\frac{gx_i}{s}\right) + \exp\left(\frac{gm}{s}\right) \right)^2}; \quad (23)$$

$$\frac{\partial U_1}{\partial s} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{\exp\left(\frac{gx_i}{s}\right) + \exp\left(\frac{gm}{s}\right)}{ns^2 \sqrt{3} \cdot \left(\exp\left(\frac{gx_i}{s}\right) + \exp\left(\frac{gm}{s}\right)\right)^2}; \quad (24)$$

$$\frac{\partial U_2}{\partial m} = \frac{\sum_{i=1}^n [s\sqrt{3} \cdot A + 2\pi B(x_i - m) - sC\sqrt{3}]}{ns^2 \sqrt{3} \cdot \sum_{i=1}^n \left[\exp\left(\frac{gx_i}{s}\right) + \exp\left(\frac{gm}{s}\right)\right]^2}; \quad (25)$$

$$\frac{\partial U_2}{\partial s} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - m) [s\sqrt{3} \cdot A + 2\pi B(x_i - m) - sC\sqrt{3}]}{ns^3 \sqrt{3} \cdot \sum_{i=1}^n \left[\exp\left(\frac{gx_i}{s}\right) + \exp\left(\frac{gm}{s}\right)\right]^2}. \quad (26)$$

Для упрощения дальнейших преобразований примем, что

$$A = \exp\left(2g \frac{x_i}{s}\right); \quad (27)$$

$$B = \exp\left(g \frac{x_i}{s} + g \frac{m}{s}\right); \quad (28)$$

$$C = \exp\left(2g \frac{m}{s}\right). \quad (29)$$

Элементы матрицы  $W$  для системы (6) представим в виде:

$$\frac{\partial U_3}{\partial a} = -\sum_{i=1}^n \frac{\exp\left(\frac{x_i + a}{b}\right)}{b \left[\exp\left(\frac{x_i}{b}\right) + \exp\left(\frac{a}{b}\right)\right]^2}; \quad (30)$$

$$\frac{\partial U_3}{\partial b} = \sum_{i=1}^n \frac{(a - x_i) \exp\left(\frac{x_i + a}{b}\right)}{b^2 \left[\exp\left(\frac{x_i}{b}\right) + \exp\left(\frac{a}{b}\right)\right]^2}; \quad (31)$$

$$\frac{\partial U_4}{\partial a} = -\frac{\sum_{i=1}^n \left[ b \exp\left(\frac{2x_i}{b}\right) + 2 \frac{a + x_i}{b} (x_i - a) - b \exp\left(\frac{2a}{b}\right) \right]}{\left[ b^2 \left( \exp\left(\frac{x_i}{b}\right) + \exp\left(\frac{2a}{b}\right) \right) \right]^2}; \quad (32)$$

$$\frac{\partial U_4}{\partial a} = -\frac{\sum_{i=1}^n \left[ b \exp\left(\frac{2x_i}{b}\right) + 2 \frac{a + x_i}{b} (x_i - a) - b \exp\left(\frac{2a}{b}\right) \right]}{\left[ b^2 \left( \exp\left(\frac{x_i}{b}\right) + \exp\left(\frac{2a}{b}\right) \right) \right]^2}; \quad (33)$$

$$\frac{\partial U_4}{\partial b} = \frac{\sum_{i=1}^n (a - x_i) \left[ b \exp\left(\frac{2x_i}{b}\right) + 2\left(\frac{a + x_i}{b}\right)(x_i - a) - b \exp\left(\frac{2a}{b}\right) \right]}{\left[ b^3 \left( \exp\left(\frac{x_i}{b}\right) + \exp\left(\frac{2a}{b}\right) \right) \right]^2}. \quad (34)$$

В работе [9] определена надёжность конструкции при условии, что закон распределения нагрузки экспоненциальный и несущей способности нормальный.

Если принять для упрощения, что:

$$\eta = m_R / Km_q; \quad (35)$$

$$\Pi_1 = \frac{v_q + \eta - 1}{\eta v_q}; \quad (36)$$

$$\Pi_2 = \Pi_1 - \frac{\eta v_r}{v_q}; \quad (37)$$

$$\Pi_3 = \frac{\eta^2 v_R^2}{2v_q^2} + \frac{1 - \eta v_q}{v_q}; \quad (38)$$

то надёжность конструкции можно определить по условию:

$$H = \Phi(\Pi_1) - \Phi(\Pi_2) \cdot \exp(\Pi_3) \quad (39)$$

или, используя полученную аппроксимацию, по формуле:

$$H_1 = [1 + \exp(k\Pi_1)]^{-1} - [1 + \exp(k\Pi_2)]^{-1} \cdot \exp(\Pi_3). \quad (40)$$

Абсолютная погрешность аппроксимации в этом случае будет равна величине, определённой по условию:

$$\Delta H_1 = \Delta [1 + \exp(k\Pi_1)]^{-1} + \Delta [1 + \exp(k\Pi_2)]^{-1} \cdot \exp(\Pi_3). \quad (41)$$

Условия (36)-(38) позволяют сформулировать требования к материалу конструкции для обеспечения заданной надёжности.

Исследование этого процесса выходит за рамки данной работы.

### **Выводы.**

1. На основе анализа статистических данных о человеческих потерях при техногенных катастрофах установлено, что основной причиной их вызвавших может быть недостаточная прочность материалов конструкций по отношению к внешним воздействиям.

2. Показано, что вероятностные модели, применяемые при расчете надёжности механических конструкций по отношению к внешним воздействиям, могут быть источником снижения техногенной опасности.

3. Так как эти модели основаны на анализе композиции функций распределения прочности материала и внешнего воздействия, то их результат может быть представлен с применением специальных функций, например, функции нормального распределения.

4. Для удобства численного анализа полученных результатов в работе

предложена аппроксимация функции нормального распределения функцией логистического распределения.

5. В работе рассмотрены различные виды такой аппроксимации и оценена их абсолютная погрешность.

6. Предложена оценка абсолютной погрешности надежности конструкции при условии, что закон распределения нагрузки экспоненциальный, закон распределения нагрузки нормальный.

7. Предложен способ оценки абсолютной погрешности величины надежности при условии замены нормального распределения логистическим.

8. В том случае, когда параметры логистического распределения необходимо оценить по выборочным данным, предложены уравнения метода максимума правдоподобия.

9. Уравнения приведены для двух случаев. В первом следует оценить математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение, во втором случае следует оценить параметры положения и масштаба.

10. Для решения уравнений методом Ньютона приведены для каждого случая системы уравнений.

11. Приведены оценки параметров логистического распределения, полученные по методу моментов и рекомендуемые в качестве начального приближения при решении систем уравнений метода максимума правдоподобия.

## Список используемой литературы

1. Нейман фон Дж. Вероятностная логика и синтез надежных организмов из ненадежных компонент / Джон фон Нейман // Сб. Автоматы (под ред. К.Э. Шеннона и Дж. Маккарти). – Москва: Издательство «Иностранная литература», 1956. – С. 68 – 139.
2. Гринченко О. С. Концептуальні питання забезпечення механічної надійності сільськогосподарської техніки / О. С. Гринченко // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – 2015. – Вип. 45, ч. 1. – С. 298 – 301.
3. Чалаби И. Г. Функция распределения отказов для оценки показателей надёжности современных механических систем / И. Г. Чалаби // Вісник СевНТУ. Зб. наук. пр. Серія: Механіка, енергетика, екологія. – 2013. – Вип. 137. – С. 289 – 293.
4. Гринченко О. Побудова моделей формування поступових механічних відмов сільськогосподарської техніки / Гринченко О., Алфьоров О., Козлов Ю. // Зб. наук. пр. «Техніко- технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технології для сільського господарства». – 2014. – Вип. 18 (32), кн. 1. – С.80 – 86.
5. Сычев Я. В. Опасности техногенных катастроф современности [Электронный ресурс] / Я. В. Сычев // Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности». – 2012. – Вып. 1 (41). – С. 1 – 9. – Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2012-1/05-01-12.ttb.pdf>.
6. Аналітичний огляд стану техногенної та природної безпеки в Україні за

- 2015 рік. Глава 3. Статистичні дані про надзвичайні ситуації та стан травматизму [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://undicz.dsns.gov.ua/files/2016/8/9/Glava\\_3.pdf](http://undicz.dsns.gov.ua/files/2016/8/9/Glava_3.pdf).
7. Комар А. С. Визначення ризику відмов машинно-тракторного агрегату на підприємствах АПК [Електронний ресурс] / А. С. Комар. – Режим доступу: [http://nauka.tsatu.edu.ua/print-journals-tdata/13-6/13\\_6/33.pdf](http://nauka.tsatu.edu.ua/print-journals-tdata/13-6/13_6/33.pdf).
  8. Войналович А. В. Анализ причин травмирования работников АПК на механизированных и транспортных работах [Электронный ресурс] / А. В. Войналович, М. М. Мотрич. – Режим доступа: <http://www.sworld.com.ua/konfer37/332.pdf>.
  9. Арасланов А. М. Расчет элементов конструкций заданной надёжности при случайных воздействиях / А. М. Арасланов. – Москва: «Машиностроение», 1987. – 128 с.
  10. Екимов В. В. Вероятностные методы в строительной механике корабля / В. В. Екимов. – Москва: «Судостроение», 1966. – 327 с.
  11. Болотин В. В. Применение методов теории надёжности в расчетах сооружений / В. В. Болотин. – Москва: Стройиздат, 1971. – 255 с.
  12. Капур К. Надёжность и проектирование систем / К. Капур, Л. Ламберсон. – Москва: «МИР», 1980. – 604 с.
  13. Переверзев Е. С. Надёжность и испытание технических систем / Е. С. Певерзев. – К.: «Наукова думка», 1990. – 327 с.
  14. Какабадзе Д. П. Управление функцией распределения случайных шагов дискретной адаптивной системы / Д. П. Какабадзе, Г. М. Кубинцев, В. А. Таран // Автоматика и телемеханика. – 1980. – № 2. – С. 99 – 107.
  15. Дубницький В. Ю. Управление функцией распределения случайной величины / В. Ю. Дубницький, А. И. Ходырев // Системи обробки інформації. – 2011. – Вип. 5 (95). – С. 147 – 151.
  16. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников / А.И. Кобзарь. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2006. - 816с.
  17. Джонсон Н. Л. Одномерные непрерывные распределения. В 2 ч. Ч. 2 / Н. Л. Джонсон, С. Коц, Н. Балакришнан. – Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010-2012. – 600 с.
  18. Forbes С. Statistical distributions / С. Forbes, М. Evance, В. Piecock. – Hoboken, New Jersey: John Wiley@ Sons, Inc, 2011. – 2012 p.
  19. Исаков В. Б. Элементы численных методов / В. Б. Исаков. – Москва: Академия, 2003. – 192 с.

## **Анотація**

### **АПРОКСИМАЦІЯ ФУНКЦІЇ НОРМАЛЬНОГО РОЗПОДІЛУ ФУНКЦІЄЮ ЛОГІСТИЧНОГО РОЗПОДІЛУ І ЇЇ ЗАСТОСУВАННЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ МЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ**

Дубницький В.Ю., Фесенко Г. В., Черепньов І.А.

*На основі аналізу статистичних даних про людські втрати при техногенних катастрофах встановлено, що основною причиною їх виникнення*

може бути недостатня міцність матеріалів конструкцій по відношенню до зовнішніх впливів.

Показано, що імовірнісні моделі, які застосовуються при розрахунку надійності механічних конструкцій по відношенню до зовнішніх впливів, можуть бути джерелом зниження техногенної небезпеки. Оскільки ці моделі засновані на аналізі композицій функцій розподілу міцності матеріалу і зовнішнього впливу, їх результат може бути представлений із застосуванням спеціальних функцій, наприклад, функції нормального розподілу. Для зручності чисельного аналізу отриманих результатів в роботі запропонована апроксимація функції нормального розподілу функцією логістичного розподілу.

В роботі розглянуто різні види такої апроксимації та оцінено їх абсолютну похибку. Запропоновано оцінку абсолютної похибки надійності конструкції за умови, що закон розподілу навантаження є експонентним, а також закон розподілу навантаження є нормальний. Запропоновано спосіб оцінки абсолютної похибки величини надійності за умови заміни нормального розподілу логістичним.

У тому випадку, коли параметри логістичного розподілу необхідно оцінити за вибірковими даними, запропоновані рівняння методу максимуму правдоподібності.

Рівняння наведено для двох випадків. У першому випадку слід оцінити математичне очікування і середньоквадратичне відхилення, у другому випадку слід оцінити параметри положення і масштабу. Для розв'язання рівнянь методом Ньютона наведено системи рівнянь для кожного випадку. Наведено оцінки параметрів логістичного розподілу, які отримано за методом моментів і рекомендовано застосовувати їх в якості початкового наближення при розв'язанні систем рівнянь метода максимуму правдоподібності.

Ключові слова: надійність механічних систем, логістичний розподіл, апроксимація нормального розподілу, метод максимуму правдоподібності.

## **Abstract**

### **APPROXIMATION OF THE NORMAL DISTRIBUTION FUNCTION BY THE LOGISTIC DISTRIBUTION FUNCTION AND ITS USE TO DETERMINE THE RELIABILITY OF MECHANICAL SYSTEMS**

V. Dubnytsky, H. Fesenko, I. Cherepnev

*According to the analysis of statistical data on human losses during man-made disasters, lack of strength structural materials in relation to external influences can be the main reason causing these losses. It is shown that the probability models used for calculating the mechanical structures' reliability considering external influences, can be a source of reducing the man-made hazards. As these models are based on both an analysis of the material strength distribution functions compositions and the external action, the models' effect can be presented using special functions, such as the normal distribution function. To simplify the numerical analysis of the obtained results, the approximation of the normal distribution function by the logistic distribution is proposed.*



*The different types of such an approximation are discussed and their absolute error is evaluated. An absolute error estimate of the design reliability is considered for both exponential and normal distribution law. A method for evaluating the absolute error of reliability values when replacing the normal distribution by logistic one is proposed.*

*To estimate the logistic distribution parameters based on the sample data, equations of the maximum likelihood method are proposed. Equations are presented for two cases. According to the first case, the mean and standard deviation are evaluated. According to the second one, the parameters of the position and scale are evaluated. To solve proposed equations using the Newton's method, needed system of equations are presented. The estimates of the logistic distribution parameters, that is obtained by the method of moments and recommended as an initial approximation for solving systems of equations by the maximum likelihood method, are given.*

*Keywords: reliability of mechanical systems, logistic distribution, the approximation of the normal distribution, the maximum likelihood method.*

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ВЫПАРИВАНИЯ В САХАРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Ляшенко С.А. д.т.н, Фесенко А.М.,

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко*

Ляшенко А.С. к.т.н.

*Харьковский национальный университет радиоэлектроники*

*В работе проведен анализ процесса выпаривания очищенного сока в выпарной установке сахарного завода. Рассмотрены вопросы, возникающие при появлении накипи в греющих трубках выпарного аппарата, в результате чего нарушается процесс выпаривания. Полученные результаты дают возможность автоматически корректировать процесс выпаривания. Определены основные показатели безопасности, позволяющие контролировать процесс выпаривания.*

**Введение.** Сахарное производство относится к перерабатывающей отрасли в Украине и является одним из основных в сельском хозяйстве. Получения и переработка сахарной продукция сложный и довольно энергоемкий технологический процесс, в котором используется разнообразное оборудование, потребляющее значительное количество энергии. Значительную сложность в технологический процесс получения сахара вносит такая особенность, как непрерывность технологического процесса и наличие разнотипного оборудования, которое используется на сахарных заводах Украины [1, 2].

Эффективность сахарного производства в нашем государстве все еще не соответствует аналогичному производству сахара в передовых мировых странах-производителях сахара. Проблемы эффективности зависят не только из-за того, что используется разнотипное оборудование, изготовленное в различных десятилетиях, но и используемые различные автоматизированные системы управления технологическими процессами. При этом, и используемое программное обеспечение, которое разрабатывалось в различные временные промежутки, зачастую не согласовано.

Одним из вариантов повышения уровня эффективности сахарного производства является использование современных средств автоматизации и программного обеспечения, которые позволяют повысить эффективность производственных процессов, улучшить качество выпускаемой продукции, создать условия для безопасной работы, особенно при осуществлении опасных технологических процессов [3].

В сахарном производстве к таким опасным процессам относятся процессы дефекации, выпаривания, кристаллизации - где присутствуют высокие температуры, давления и различного вида опасные и вредные растворы,

применяемые в технологических процессах.

Современные автоматизированные системы управления в сахарном производстве обеспечивает качественную и эффективную работу технологических участков только при использовании комплексного подхода к решению поставленной задачи. При этом, одним из основных вопросов, при внедрении эффективных систем управления технологическими процессами является определение безопасных показателей факторов, влияющих на качество продукции, безопасность и эффективность процесса [2, 3, 4].

Анализ состояния вопроса. При определении факторов, влияющих на технологический процесс выпаривания, необходимо знать устройство оборудования, работу узлов, а также и технологию процесса выпаривания [5, 6].

Процесс выпаривания, осуществляемый в выпарном отделении, предназначен для повышения концентрации сахара в растворе, путем удаления из него воды в виде пара. Кроме того необходимо отметить, что в результате выпаривания появляется пар, который используется в других различных технологических процессах сахарного завода.

Технология выпаривания заключается в том, что поступаемый в выпарное отделение сульфитированный очищенный сок 1-й сатурации (ненасыщенный раствор сахарозы и оставшихся в нем несахаров) нагревается и происходит сгущение сока. При сгущении до пересыщения сахароза начинает осаждаться в виде кристаллов, что является конечной целью технологического процесса. Сгущение очищенного сока проводят в два этапа: сначала выпаривают воду в выпарных установках (ВУ), до состояния близкому к насыщенному, а затем в вакуумных-аппаратах до пересыщения, с последующей массовой кристаллизацией. Из очищенного сока при этом удаляется 100-115% воды к массе свеклы.

Разделение процесса сгущения сока выпариванием на два этапа обусловлено необходимостью сокращать расход теплоты в процессе выпаривания. В большинстве случаев, на первом этапе воду выпаривают в многокорпусной выпарной установке, многократно используя отработанный в турбине греющий пар (ретурный). Поэтому процесс нормализации режимов работы выпарной установки влияет, в первую очередь, на качество выпускаемой продукции, а так же и на энергоемкость всего технологического процесса получения сахара.

В большинстве своем на сахарных заводах Украины используют выпарные аппараты типа А2-ПВВ, их различные модификации, или другие, конструктивно похожие аппараты, которые представляет собой сварной цилиндрический корпус, к которому крепятся верхнее и нижнее днища. Верхнее днище приварено к корпусу, а нижнее - съемное и крепится к корпусу при помощи фланцевого соединения.

Для уменьшения объема патрубного пространства нижнее днище обращено выпуклостью вверх. Нижняя часть аппарата, ограниченная плоскими горизонтальными трубными решетками, приваренными к корпусу, с завальцованными в них кипящими трубками, образует паровую камеру.

По оси паровой камеры расположена циркуляционная труба. Паровая

камера снабжена двумя патрубками для подвода пара, тремя патрубками для отвода конденсата, которые объединены в общий коллектор с выходным патрубком, указателем уровня конденсата и четырьмя патрубками для отвода неконденсирующихся газов (два для отвода легких газов и два — для тяжелых).

Верхняя часть аппарата (выше верхней трубной решетки) образует надсоковую камеру. С целью обеспечения работы аппарата в качестве любого корпуса выпарной установки сахарного завода (т. е. как под давлением, так и под разрежением) надсоковая камера укреплена четырьмя кольцами жесткости, приваренными к корпусу.

В верхней части надсоковой камеры укреплен встроенный сепаратор жалюзийного типа, предназначенный для отделения от вторичного пара брызг и капель сока, которые отводятся из сепаратора.

Для наблюдения и контроля за уровнем сока в аппарате по высоте надсоковой камеры имеются смотровые стекла, а также стекло, установленное в наклонном патрубке, в котором вмонтирована лампа для освещения надсокового пространства аппарата.

Для автоматического регулирования уровня сока предусмотрено устройство, с помощью которого устанавливается регулятор уровня типа РУБ.

На аппарате установлены сигнальные предохранительные клапаны - на паровой камере, - на соковой, а также термометры и манометры для контроля за температурой и давлением в паровой и надсоковой камерах.

В аппарате имеются патрубки, которые предназначены для входа сока, выходной патрубком сгущенного сока входит в "циркуляционную трубу", а остальные патрубки для выхода вторичного пара, выхода воздуха, слива сока из аппарата, слива остатков сока из кольцевого зазора между корпусом и нижним днищем, подвода реагентов при химической очистке кипяtilьных трубок, а также воды при проведении гидравлических испытаний.

Аппарат снабжен лазами для проведения текущего ремонта и очистки, а также опорными лапами. Для гашения пены в аппарате (в случае ее образования) предусмотрена масленка с трубками, одна из которых соединена с паровой камерой, а другая - с надсоковой. При необходимости подачи масла открываются запорные вентили на трубках и под действием разности давлений в паровой и надсоковой камерах масло поступает в последнюю.

Сам процесс выпаривания осуществляется в аппарате таким образом: свежий сок поступает в аппарат по трем патрубкам в подтрубное пространство, смешивается с находящимся там соком и входит в нагревательные трубки, обогреваемые паром. Вскипая в трубках, сок вместе с образовавшимся вторичным паром поднимается по ним за счет разности плотностей парожидкостной смеси в трубках и сока в циркуляционной трубе. Над верхней трубной решеткой вторичный пар отделяется от сока и, пройдя сепаратор, удаляется: из аппарата, а сок поступает в циркуляционную трубу, опускается по ней вниз под нижнюю трубную решетку, вновь входит в кипяtilьные трубки и т. д. Таким образом, в аппарате сок совершает многократную естественную циркуляцию. При этом вода из раствора испаряется, а сгущенный до требуемой концентрации сок выходит из аппарата.

Пар поступает в греющую камеру через два диаметрально расположенных патрубка и, двигаясь между нагревательными трубками, конденсируется на них, отдавая свое тепло кипящему в трубках соку.

Процесс выпаривания в аппарате протекает непрерывно. Для обеспечения наибольшей эффективности работы аппарата уровень сока в нем должен находиться в фиксированных пределах. Этот уровень зависит в основном от концентрации сока в аппарате и автоматически поддерживается регулятором уровня [7].

Для оптимального осуществления технологического процесса выпаривания сока в выпарной установке обязательным условием является соблюдение заданных параметров уровня сока по корпусам выпарной станции. В случае понижения уровня в корпусе возможно закипание нагревательных трубок, что является недопустимым. В связи с этим, к точности поддержания заданного значения уровня, предъявляются очень высокие требования, и от качества регулирования уровня зависит качество работы выпарной станции. Современная система автоматизации дает возможность точного контроля и регулирования уровня путем воздействия на подачу сока и обеспечивает защиту и блокировку от переполнения [4, 6, 7].

Температурные режимы работы ВУ являются одними из важнейших параметров в технологическом режиме работы выпарной установки, соблюдение которых обеспечивает скорость и качество процесса выпаривания. В случае повышения температуры происходит интенсификация процесса образования накипи на нагревательных трубах. В случае понижения температуры значительно замедляется и нарушается технологический режим работы выпарной установки.

В ВУ ретурный пар подается только в первый корпус, а греющей средой для других корпусов ВУ является насыщенный пар, который переходит из предыдущего корпуса ВУ в греющую камеру следующего корпуса. Этим обеспечивается экономия условного топлива. Такой пар будет иметь меньшую температуру и давление. Вот почему в корпусах выпарной установки разное давление.

Следовательно, специфичность технологических сред (наличие механических включений, смолообразование, отложение твердых осадков, накипь, пенообразование, высокая вязкость и др.), высокая влажность и температура окружающей среды, создают определенные трудности при проведении безопасных режимов работы ВУ. Для получения эффективной системы автоматизации, позволяющей повысить производительность и безопасность производства, необходимо оперативно определять изменения, происходящие при работе ВУ, реагировать на эти изменения, а также поддерживать безопасность режимов работы выпарной установки, которые зависят от изменения эксплуатационных условий [7].

Цели и задачи. Определения влияния изменяющихся диаметров греющих труб, по которым проходит сок в выпарной установке, на технологический процесс выпаривания. Определение показателей безопасности, которые позволяют контролировать изменения происходящие при прохождении сока по

греющим трубкам выпарного аппарата.

Задачей работы является: определение граничных изменений размеров греющих труб, которые появляются при прохождении сока; получение соответствующих значений тепловых нагрузок аппаратов; определение мероприятий, позволяющих устранить возникающие при этом изменения в технологическом процессе.

Основная часть. Исходя из анализа состояния вопроса можно сделать вывод, что при процессе выпаривания важным параметром, влияющим на поддержание температурных режимов работы ВУ, и соответственно - расход пара, является внутренний диаметр теплообменных труб, который при происходящем процессе выпаривания уменьшается за счет появления накипи [8, 9].

Парообразование в нагревательных трубках определяется физическими свойствами раствора (главным образом вязкостью) и разностью температур между стенкой трубы и жидкостью. Чем ниже вязкость раствора и чем больше разность температур, тем интенсивнее парообразование и тем больше скорость циркуляции. Для достижения достаточной циркуляции разность температур между греющим паром и раствором должна быть в среднем не ниже 7-10° С.

Основные расчетные температурные характеристики, принятые для анализа 1-го корпуса ВУ (А2-ПВВ), приведены в таблице 1 [4].

Таблица 1 - Температурные режимы работы ВУ

1. Наименование показателей	Корпус 1 ВУ
2. Температура гр.пара, град	131,9
3. Полезная разность температур, град	6,9
4. Температура кипения раствора, град.	125,0

Техническая характеристика ВУ представлена в таблице 2.

Таблица 2 - Техническая характеристика ВУ

Выпарная установка	Тип, марка	Кол-во теплообменных труб	Длина теплообменных труб, м	Поверхность нагрева, м <sup>2</sup>
1 корпус	А2-ПВВ	3522	4360	1500
2 корпус	А2-ПВВ	3852	4360	1800
3 корпус	А2-ПВВ	3852	3160	1184
4 корпус	Роберта	2830	2180	800
5 корпус	Роберта	2550	200	500

Определение влияния накипи в теплообменных трубах выпарных аппаратов определялось по первому корпусу выпарной установки, так как в этом корпусе процесс выпаривания осуществляется при максимальных температурах (125 0 С) и, следовательно, будет образовываться наибольшее количество накипи в греющих трубках [7].

Появление накипи приводит к изменению коэффициента теплопередачи, который определяется следующим выражением

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (1)$$

где  $\alpha_1$  – коэффициент теплоотдачи от конденсирующегося пара к внешней стенке трубки;

$$\sum \frac{\delta}{\lambda} = \frac{\delta_m}{\lambda_m} + \frac{\delta_n}{\lambda_n}$$

– суммарное термическое сопротивление стенки трубки и накипи;

$\alpha_2$  – коэффициент теплоотдачи от внутренней стенки трубки к кипящему раствору [6].

В качестве материала греющих трубок используется сталь 20. Ее коэффициент теплопроводности  $\lambda_m = 46,5 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$ .

Толщину накипи принимаем  $\delta_n = 0,0005 \text{ м}$  для 1-го корпуса выпарной установки, а ее коэффициент теплопроводности -  $\lambda_n = 2,5 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$  [6].

$$\text{Значения } \sum \frac{\delta^{(1-2)}}{\lambda} = 0,000243 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}, \quad \sum \frac{\delta^{(3-5)}}{\lambda} = 0,000865 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}. \quad [6, 8, 9].$$

Как известно, поверхность теплообмена выпарного аппарата определяется из выражения [5, 8]

$$F_{1-5} = \frac{Q_1}{K_1 \cdot t_{1-5}}, \quad (2)$$

где  $Q$  - тепловая нагрузка аппарата, кВт;  
 $t$  - температура сока, °C.

Очевидно, что изменение коэффициента теплопередачи приведет к изменению поверхности теплообмена выпарного аппарата, а соответственно и режима работы всей пятикорпусной ВУ.

Результаты расчета приведенных выражений (1) и(2) представлен в таблице 3 [5].

Таблица 3 - Расчетные значения тепловой нагрузки и площадей нагрева заводской выпарной установки

Наименование	Обозначение	Корпус				
		1	2	3	4	5
1. Полезная разность температур, °C	$\Delta t^{\text{II}}$	6,9	7,3	8,41	9,6	12,0
3. Тепловая нагрузка аппарата, кВт	Q	19158	17916	8516	3734	1008
4. Коэффициент теплопередачи, Вт/м <sup>2</sup> °C	K	1860,4	1355,5	858,5	486,5	157,9
5. Поверхность теплообмена, м <sup>2</sup>	F	1493	1811	1180	799	532
6. Число греющих трубок, шт	n	3304	3986	3602	3541	2566

При изменении суммарного термического сопротивления стенки трубки и

накипи от стандартного, принимаемого в тепловых расчетах, и соответствующего внутреннему диаметру кипяtilьных трубок 0,0033 м и среднему реальному термическому сопротивлению с внутренним диаметром кипяtilьных трубок равным 0,00315 м, мы получим соответствующие значения коэффициентов теплопередачи и реальной необходимой тепловой нагрузки для 1-го корпуса выпарной установки.

В таблице 4 приведены полученные значения тепловой нагрузки и площадей нагрева 1-го корпуса ВУ при изменении внутреннего диаметра нагревательных трубок.

Значения тепловой нагрузки и площадей нагрева 1-го корпуса ВУ при изменении внутреннего диаметра нагревательных трубок.

Таблица 4 – приведены полученные значения тепловой нагрузки и площадей нагрева 1-го корпуса ВУ

Наименование	Обозначение	1-й корпус ВУ
1. Коэффициент теплопередачи, Вт/м <sup>2</sup> °С	K1	1630, 25
2. Коэффициент теплопередачи, Вт/м <sup>2</sup> °С	K2	1228,95
3. Тепловая нагрузка аппарата, кВт	Q1	16794,32
4. Тепловая нагрузка аппарата, кВт	Q2	12660,27

Сравнивая полученные показатели, мы видим различия в расчетных и реальных значениях поверхностей нагрева корпусов ВУ (таблицы 3 и 4). Следовательно, представленные значения подтверждают заключение, что изменение диаметра нагревательных трубок ВУ приводит к изменению тепловых режимов работы ВУ, что соответственно приводит и к возникновению опасностей при эксплуатации ВУ.

Вывод. В процессе выпаривания сока в выпарных установках сахарного производства происходит изменение технических параметров нагревательных трубок - уменьшения внутреннего диаметра. В результате этих изменений увеличивается почти в 2 раза суммарное термическое сопротивление стенки трубки и накипи. Соответственно коэффициент теплопередачи уменьшается, что приводит к уменьшению тепловой нагрузки аппарата. Уменьшение тепловой нагрузки приводит к изменению температурных режимов аппарата, что означает, что будет необходимо увеличивать расход тепла, время процесса выпаривания, а это приведет к ухудшению качества выпускаемой продукции и дополнительным финансовым и энергетическим расходам. Кроме того, при определенных расчетных граничных изменениях внутренних диаметров греющих трубок, будет изменяться давление и температура в нагревательных трубках, что влияет и на показатели безопасности технологического процесса выпаривания очищенного сока.

### Список используемых источников

1. Стратегия автоматизации производства сахара [Электронный ресурс] /



- В.Ю. Белоусов, А.Ф. Литвинов, О.А. Потапов, Ю.Н. Горчинский // Сахар. - 2002. - №1. - Режим доступа до журн.: <http://www.loes.ru/main/technology/tech-map.html>.
2. Яковлев О. Системы автоматизации технологических процессов сахарного производства / О.Яковлев, С. Танцюра, А. Войтюк, Ю. Рудаков, С. Латышев, В. Волков, М. Рак, Н. Круглый // Пищевая промышленность. 2000 - №1. - С.44-53.
  3. Ладанюк А.П. Розробка багатовимірних оптимальних регуляторів для об'єктів одного класу / А.П. Ладанюк, Н.М. Луцька, О.П. Лобок // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2004. - № 1 (13). – С. 140-144.
  4. Ляшенко С.А. Выбор автоматизированных режимов работы выпарной установки сахарного завода / С.А. Ляшенко, А.С. Ляшенко, А.М. Фесенко // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. «Технічний сервіс АПК, техніка та технології у сільськогосподарському машинобудуванні». Харків. Вип. 106.- 2010. - С. 217-231.
  5. Сапронов А.Р. Технология сахарного производства / А.Р. Сапронов. - М.: Агропромиздат, 1986. - 436с.
  6. Малевич І.Ф. Процеси і апарати харчових виробництв: Підручник / І.Ф. Малевич, П.С. Циганков. К.:НУХТ, 2003. - 400 с.
  7. Ляшенко С.А. Определение безопасных режимов работы для автоматизированной системы управления выпарной установкой сахарного завода / С.А. Ляшенко, А.С. Ляшенко, А.М. Фесенко // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. «Механізація сільськогосподарського виробництва». - Харків. Вип. 173. – 2016. – С. 39-46.
  8. Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков. - Л.: Химия, 1987. – 576с.
  9. Барулин Е. П. Расчеты теплоиспользующего оборудования: учеб. пособие / Е. П. Барулин, В.Н. Исаев, А.И. Сокольский. - Иван. гос. хим.– технол. ун– т. - Иваново, 2009. – 100 с.

## Abstract

### **DETERMINATION OF THE PARAMETERS OF THE HAZARDOUS PRODUCTION FACTORS FOR THE SIMULATION OF THE EVAPORATION PROCESS IN SUGAR PRODUCTION**

S. Lyashenko, A. Fesenko, A. Lyashenko

*In the work the analysis of process of evaporation the purified juice evaporation unit in a sugar factory. Considers the issues arising from the build up of limescale in the heating tubes of the evaporator, resulting in impaired the evaporation process. The obtained results give the possibility to automatically correct the evaporation process. Identified key safety indicators, allowing to control the evaporation process.*

## **Анотація**

### **ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ВИРОБНИЧИХ НЕБЕЗПЕЧНИХ ФАКТОРІВ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВИПАРЮВАННЯ У ЦУКРОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ**

Ляшенко С.О., Фесенко А.М., Ляшенко О.С.

*В роботі проведено аналіз процесу випарювання очищеного соку в випарній установці на цукровому заводі. Розглянуто питання, які виникають при появі накипу у нагрівальних трубках випарного апарату, у результаті чого порушується процес випарювання. Отримані результати дають можливість здійснювати автоматичне керування процесу випарювання. Визначено основні показники безпеки, які дають можливість контролювати процес випарювання.*

**ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ШИРИНЫ ЛИНИИ ЛАЗЕРНОГО  
ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛИДАРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ  
РАДИОАКТИВНЫХ И ОТРАВЛЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ**

**Романюк В.А.**

*Национальная академия Национальной гвардии Украины*

**Нестеренко С.В.**

*Харьковский национальный университет городского хозяйства  
имени А.Н. Бекетова*

**Кириенко Н.М., Иванова О.П.**

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства  
имени Петра Василенко*

*В настоящее время в мире сосредоточены значительные количества опасных химических веществ, которые при попадании в окружающую среду в условиях чрезвычайных ситуаций (ЧС) могут создавать угрозу массового поражения людей, наносить ущерб природе, заражая значительные территории. В Украине насчитывается 931 объект, где хранятся или используются в производственной деятельности 308,07 тыс. т опасных химических веществ (ОХВ), в том числе 4,08 тыс. т хлора, 202,66 тыс. т аммиака и 101,33 тыс. т других опасных химических веществ. Как следствие, в случае чрезвычайных ситуаций (ЧС) в зону химического поражения могут попасть более 250 районов, где проживает около 20 млн человек. Химическую опасность создает и накопления отходов, общий объем которых превышает 35 млрд т [1]. Поэтому контроль за состоянием экологической обстановки вблизи крупных технологических комплексов с целью предотвращения крупномасштабных аварий является важной межгосударственной проблемой. Однако проводимые меры по защите окружающей среды на этих предприятиях и полигонах по уничтожению высокотоксичных материалов недостаточны. Существует большая вероятность аварийных выбросов высокотоксичных молекулярных соединений, образующихся в процессе переработки ядерного топлива, утилизации оружейного урана и плутония, запасов радиоактивных (РВ), отравляющих (ОВ), сильнодействующих ядовитых веществ (СДЯВ) и т.д.*

*Актуальность задач оперативного контроля за газовыми и аэрозольными выбросами опасных энергетических и промышленных объектов резко возрастает. В первую очередь речь идет о возможных последствиях аварийных ситуаций на производствах ядерного топливного цикла (ЯТЦ), связанных не только с выбросами РВ, но и ряда высокотоксичных соединений. Наконец, в последние годы одной из самых актуальных государственных задач становится борьба с различными проявлениями (в т.ч. с радиационными, химическими и т.д.) террористической деятельности.*

*В данной работе рассмотрены возможности имеющихся на сегодняшний день активных методов дистанционного зондирования (контроля) РВ и ОВ, основанные на достижениях спектроскопии поглощения. Проведены исследования влияния ширины линии лазерного излучения на эффективность лидарных измерений. Они показывают, что изменение соотношения полуширины линии лазерного излучения и полуширины линии поглощения исследуемого газа приводит к необходимости учета систематической ошибки измерений, связанной с конечной шириной линии лазерного излучения.*

*Ключевые слова: дистанционное зондирование, полуширина линии лазерного излучения, линия поглощения.*

Постановка задачи и анализ литературы. Дистанционное обнаружение и идентификация опасных веществ в атмосфере на сегодняшний день является актуальным. На данный момент исследуются и разрабатываются новые методы для точного и оперативного анализа веществ в атмосфере: метод импульсной терагерцовой спектроскопии, терагерцовая спектроскопия на основе квантово-каскадных лазеров, также ведутся исследования методов диодной лазерной спектроскопии, лазерно - индуцированной флуоресценции, лазерно-искровой эмиссионной спектроскопии, лазерной оптико-акустической спектроскопии [2].

Рассматриваются физические принципы активных и пассивных методов дистанционного обнаружения радиоактивных (РВ) и отравляющих (ОВ) веществ в атмосфере, измерения параметров штатных и/или аварийных газово-аэрозольных выбросов и скоплений фрагментов и микрочастиц РВ и ОВ на различных поверхностях, позволяющие решать ряд уникальных задач мониторинга окружающей среды. Проанализированы современные тенденции развития этих методов в различных спектральных диапазонах [3].

Вместе с тем, очевидно, что существует потребность в эффективных и чувствительных методах дистанционного контроля РВ и ОВ, которые обеспечивают личную безопасность операторов при проведении измерений в агрессивных средах при высоких уровнях радиации или аномальных температурных режимах измерений. Остро нужны мобильные (носимые и возимые) измерительные комплексы, позволяющие с достаточной чувствительностью вести дистанционные измерения в реальном времени. Следует отметить, что современное состояние научных исследований позволяет рассчитывать на создание в ближайшее время таких комплексов, основанных, прежде всего, на оптических (лазерных) методах измерения [3].

Изложение основного материала. В процессе исследования следа РВ/ОВ часто не учитывалось влияние ширины линии лазерного излучения на точность измерений. Вместе с тем проводились исследования, показывающие влияние параметров исследуемой области на спектральные характеристики загрязняющих газов, особенно если измерения проводились в непосредственной близости от источника загрязнения. Было отмечено, что в этом случае характерно уширение температурой и давлением, и контур линии поглощения является лоренцевским. Рассмотрим спектральный диапазон, в котором это влияние существенно.

Для каждой молекулы дифференциальное поглощение можно использовать на любой длине волны, где существует ярко выраженная полоса поглощения. Хотя фактически все молекулы обладают интенсивными электронными линиями поглощения, лишь для некоторых из них эти линии расположены в спектральной области, позволяющей осуществлять лазерное зондирование этих молекул в атмосфере. В то же время в ИК диапазоне спектра много колебательно-вращательных линий молекул. Хотя в нижних слоях атмосферы уширение линий поглощения за счет соударений между молекулами сильно искажает их форму, но изучение возможности зондирования атмосферы с помощью лазера, установленного на борту космического корабля, показало полезность применения с этой целью лидаров дифференциального поглощения и рассеяния (ДПР) в ультрафиолетовой (УФ) и инфракрасной (ИК) областях спектра [4, 5, 6].

При лидарных измерениях методом дифференциального поглощения в УФ спектральном диапазоне нетрудно добиться, чтобы ширина линии лазерного излучения была меньше ширины линий поглощения исследуемых молекул. Так как линии поглощения основных загрязняющих газов находятся в ИК спектральном диапазоне, он является перспективной областью для расширения измерений с помощью лидаров ДПР благодаря возможности большего выбора молекул с подходящими колебательно-вращательными переходами. Обычно ширина линий в колебательно-вращательном спектре почти в сто раз уже линий в электронных спектрах поглощения. Это означает, что ширина линий лазерного излучения часто становится сравнимой с шириной линии поглощения исследуемой молекулы [4, 5].

Следовательно, лазерное излучение, используемое для дистанционного зондирования в ИК диапазоне, нельзя рассматривать как монохроматическое. В этом случае возникает необходимость исследовать влияние ширины линии лазерного излучения на эффективность лидарных измерений. Для лазера с широкой полосой излучения, центр которой соответствует длине волны  $\lambda_0$ , уравнение для упругого рассеяния можно записать в виде [6]:

$$E(\lambda_0, R) = \frac{c\tau_d Y\xi(R)}{2R^2} \int_{\lambda_0 - \Delta_c}^{\lambda_0 + \Delta_c} d\lambda(\xi) \beta(\lambda, R) E(\lambda) E^{-2 \int_0^R K(\lambda, R) dR}, \quad (1)$$

где  $E(\lambda)$  – спектральное распределение энергии, излучаемой лазером;  
 $\Delta_c$  – полуширина спектрального пропускания приемной оптической системы;

$$K(\lambda, R) = \bar{K}(\lambda, R) + N(R)\sigma(\lambda), \quad (2)$$

где  $K(\lambda, R)$  – коэффициент ослабления за вычетом вклада поглощения анализируемых молекул;  
 $N(R)$  – концентрация этих молекул на расстоянии  $R$ ;  
 $\sigma(\lambda)$  – спектральное сечение поглощения молекул газа.

Учитывая соотношение (2) и узость интервала интегрирования по  $\lambda$  в (1), при котором можно считать постоянными величинами коэффициенты как рассеяния излучения в обратном направлении, так и ослабления (за вычетом поглощения), выражение (1) можно представить в следующем виде:

$$E(\lambda_0 R) = \frac{c\tau Y \xi(R) \beta(\lambda_0, R)}{2R^2} \exp\left(-2 \int_0^R \bar{K}(\lambda_0, R) dR\right) \left[ \int_{\lambda_0 - \Delta_c}^{\lambda_0 + \Delta_c} d\lambda \xi(\lambda) E(\lambda) e^{-2 \int_0^R K_A(\lambda, R) dR} \right], \quad (3)$$

где

$$\bar{K}(\lambda, R) \equiv N(R) \sigma A(\lambda) \quad (4)$$

является коэффициентом поглощения исследуемых молекул.

Для значений энергии рассеянных сигналов на длине волны  $\lambda_0$ , принятых с расстояния  $(R + \Delta R)$ ,  $\Delta R$  размер загрязняющего шлейфа, соотношение (3) примет следующий вид:

$$E(\lambda_0, R + \Delta R) = \frac{c\tau_d Y(R + \Delta R) \beta(\lambda_0, R + \Delta R)}{2(R + \Delta R)^2} \exp\left(-2 \int_0^{R + \Delta R} \bar{K}(\lambda_0, R) dR\right) \times \left[ \int_{\lambda_0 - \Delta_c}^{\lambda_0 + \Delta_c} d\lambda \xi(\lambda) E(\lambda) \exp\left(-2 \int_0^{R + \Delta R} K_A(\lambda, R) dR\right) \right]. \quad (5)$$

Аналогичным образом можно получить выражения для энергии рассеянных сигналов на длине волны  $\lambda_\omega$ , учитывая при этом отсутствие фактически поглощения на этой длине волны. Тогда

$$E(\lambda_\omega, R) = \frac{c\tau Y(R) \beta(\lambda_\omega, R)}{2R^2} \exp\left(-2 \int_0^R \bar{K}(\lambda_\omega, R) dR\right) \left[ \int_{\lambda_\omega - \Delta_c}^{\lambda_\omega + \Delta_c} d\lambda \xi(\lambda) E(\lambda) \right], \quad (6)$$

$$E(\lambda_\omega, R + \Delta R) = \frac{c\tau Y(R + \Delta R) \beta(\lambda_\omega, R + \Delta R)}{2(R + \Delta R)^2} \exp\left(-2 \int_0^{R + \Delta R} \bar{K}(\lambda_\omega, R) dR\right) \times \left[ \int_{\lambda_\omega - \Delta_c}^{\lambda_\omega + \Delta_c} d\lambda \xi(\lambda) E(\lambda) \right]. \quad (7)$$

В методе ДПР значение измеренной концентрации газовой компоненты зависит от отношения энергий рассеянных сигналов на двух разных длинах волн ( $\lambda_0$  и  $\lambda_\omega$ ), принятых с расстояний  $R$  и  $(R + \Delta R)$ . В этом случае с учетом формул (3), (4), (5), (6), (7) и условия  $R \ll \Delta R$  можно получить выражение, определяющее возможные ошибки измерений, связанные с реальной шириной линии зондирующего излучения:

$$\frac{E(\lambda_\omega, R + \Delta R) * E(\lambda_0, R)}{E(\lambda_\omega, R) * E(\lambda_0, R + \Delta R)} = \frac{\beta(\lambda_\omega, R) * \beta(\lambda_0, R + \Delta R)}{\beta(\lambda_\omega, R + \Delta R) * \beta(\lambda_0, R)} \times$$

$$\times e^{-2\tau_\varepsilon} \frac{\int_{\lambda_0 - \Delta_c}^{\lambda_0 + \Delta_c} d\lambda \xi(\lambda) E(\lambda) \exp(-2 \int_0^{R_1} N(R) \sigma^A dR)}{\int_{\lambda_0 - \Delta_c}^{\lambda_0 + \Delta_c} d\lambda \xi(\lambda) E(\lambda) \exp(-2 \int_0^{R_2} N(R) \sigma^A dR)}, \quad (8)$$

где

$$\tau_\varepsilon = \int_0^{R + \Delta R} [\bar{K}(\lambda_\omega, R) - \bar{K}(\lambda_0, R)] dR + \int_0^R [\bar{K}(\lambda_\omega, R) - \bar{K}(\lambda_0, R)] dR. \quad (9)$$

Учитывая относительную узость спектрального диапазона и незначительную величину  $\Delta R$ , получим, что

$$\frac{\beta(\lambda_\omega, R + \Delta R) * \beta(\lambda_0, R)}{\beta(\lambda_\omega, R) * \beta(\lambda_0, R + \Delta R)} * e^{-2\tau_\varepsilon} \approx 1. \quad (10)$$

Влияние ширины линии зондирующего излучения на эффективность лидарных измерений исследовалось в [4, 6]. При этом спектральные функции  $\xi(\lambda)$ ,  $E(\lambda)$ ,  $\sigma(\lambda)$  задавались гауссовским распределением. Однако контур линии поглощения газовых компонент в исследуемой области описывается лоренцевской кривой, что необходимо учитывать в условиях реального дистанционного зондирования. Тогда можно записать:

$$\xi(\lambda) = \xi_0 \frac{(\ln 2)^{1/2}}{\Delta_e \pi^{1/2}} \exp\left(-\frac{(\lambda_0 - \lambda)^2}{\Delta_e^2}\right), \quad (11)$$

где  $\Delta_e$  – полуширина спектральной функции пропускания оптической системы лидара;

$$E(\lambda) = E_0 \frac{(\ln 2)^{1/2}}{\Delta_0 \pi^{1/2}} \exp\left(-\frac{(\lambda_0 - \lambda)^2}{\Delta_0^2}\right), \quad (12)$$

где  $\Delta_0$  – полуширина линии лазерного излучения на длине волны  $\lambda_0$ ;

$$\sigma^A(\lambda) = \sigma^A \frac{\Delta_n}{\pi [(\lambda_n - \lambda)^2 + \Delta_n^2]}, \quad (13)$$

где  $\lambda_n$  – длина волны, соответствующая центру линии поглощения;  
 $\Delta_n$  – полуширина линии поглощения молекул исследуемого газа.

Графическое представление величин  $\Delta_e$ ,  $\Delta_0$ ,  $\Delta_n$  показано на рис.1.

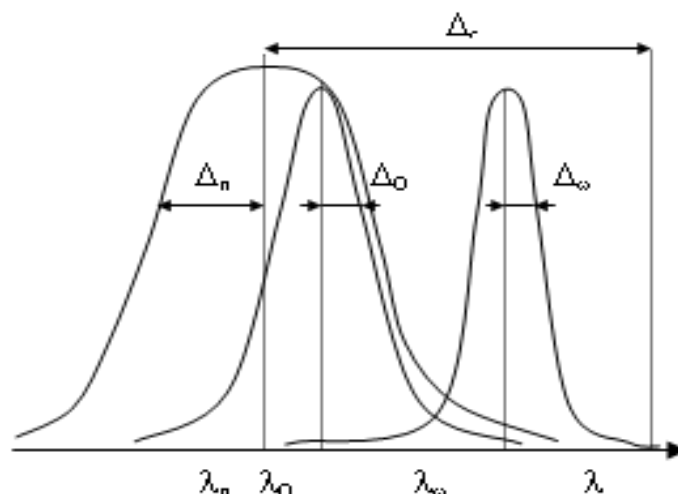


Рис. 1 – Спектральные характеристики излучения и поглощающих молекул

С учетом формул (10), (11), (12) и (13) и того, что для метода ДПР  $\Delta_n \gg \Delta_0$ , выражение (8) можно преобразовать к виду:

$$M(\Delta x) = \frac{E(\lambda_{\sigma}, R + \Delta R)E(\lambda_0, R)}{E(\lambda_0, R + \Delta R)E(\lambda_{\sigma}, R)} = \frac{\int_{\lambda_0 - \Delta_c}^{\lambda_0 + \Delta_c} \exp\left\{-\frac{(\lambda_0 - \lambda)^2}{\Delta_{\Pi}^2 \Delta_x^2} - \frac{2\tau_1 \Delta_0}{\Delta_x [(\lambda_{\Pi} \lambda)^2 + \Delta_{\Pi}^2]}\right\} d\lambda}{\int_{\lambda_0 - \Delta_c}^{\lambda_0 + \Delta_c} \exp\left\{-\frac{(\lambda_0 - \lambda)^2}{\Delta_{\Pi}^2 \Delta_x^2} - \frac{2\tau_2 \Delta_0}{\Delta_x [(\lambda_{\Pi} \lambda)^2 + \Delta_{\Pi}^2]}\right\} d\lambda}, \quad (14)$$

где  $\Delta_x = \frac{\Delta_0}{\Delta_n}$  – отношение полуширины линии лазерного излучения к полуширине линии поглощения исследуемого газа,

$$\tau_1 = \int_0^R N(R) \sigma^{\lambda} dR; \quad (15)$$

$$\tau_2 = \int_0^{R+\Delta R} N(R) \sigma^{\lambda} dR, \quad (16)$$

где  $\tau_1, \tau_2$  – оптическая толщина поглощения излучения.

Результаты моделирования в соответствии с выражением (14) для типичных характеристик лазерного излучения и газовых компонент представлены на рис. 2.



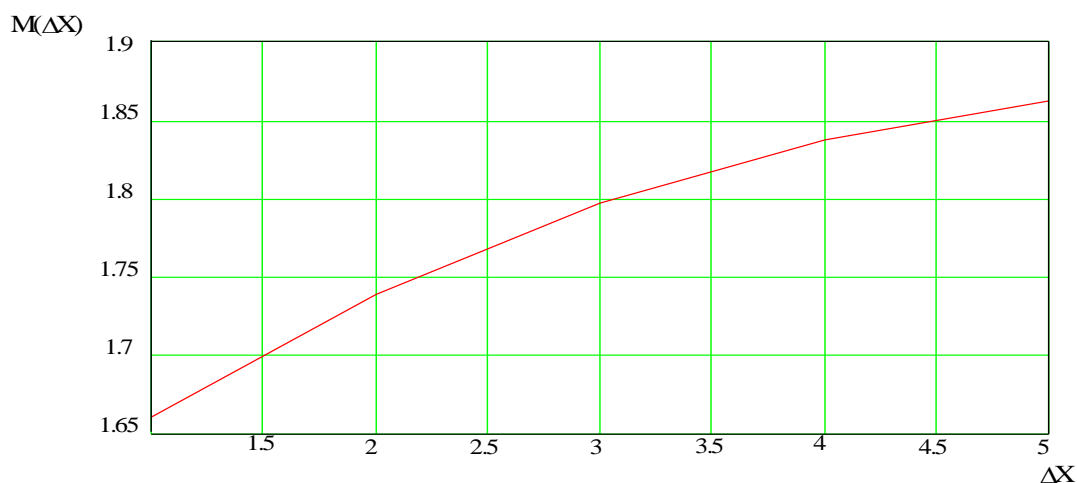


Рис. 2 – Зависимость точности измерений от ширины зондирующего излучения

Анализ графика показывает, что изменение соотношения полуширины лазерного излучения и полуширины линии поглощения исследуемого газа приводит к необходимости учета систематической ошибки измерений, связанной с конечной шириной линии лазерного излучения. Для высокоэффективных лидарных измерений это отношение ( $\Delta x$ ) необходимо уменьшать.

**Выводы.** Анализ влияния ширины линии лазерного излучения на точность измерений параметров следа показал, что в исследуемой области преобладает лоренцевский контур линии поглощения молекул газа, обусловленный повышенной температурой и давлением в следе. Вследствие указанных причин ширина контура линии поглощения увеличивается. Это приводит к снижению требований к ширине линии зондирующего излучения.

В работе были проведены исследования влияния ширины линии лазерного излучения на эффективность лидарных измерений. В результате исследований получено выражение (14), которое характеризует точность проведения измерений в зависимости от соотношения ширины линии излучения и ширины контура поглощения.

Данное выражение характерно тем, что рассматривается лоренцевский контур линии поглощения, поскольку его уширение обусловлено столкновительными эффектами, вызванными повышением температуры и давления исследуемых газов. С уменьшением отношения ширины линии лазерного излучения к ширине контура линии поглощения точность лидарных измерений возрастает, что позволяет измерять проводить высокоточные концентрации РВ и ОВ.

## Список использованной литературы

1. Аналітичний огляд стану техногенної та природної безпеки в Україні за 2015 рік [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.dsns.gov.ua/files/prognoz/report/2015/Glava\\_1.pdf](http://www.dsns.gov.ua/files/prognoz/report/2015/Glava_1.pdf).
2. Айрапетян В.С. Обнаружение и измерение параметров наркотических

- веществ с помощью перестраиваемого ИК-лазера / В. С. Айрапетян, Т. В. Маганаква // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр.: Междунар. науч. конф. «СибОптика-2014» (Новосибирск, 8 – 18 апреля 2014 г.): сб. материалов в 2 т. Т. 2. – Новосибирск: СГГА, 2014. – С. 199 – 204.
3. Набиев Ш.Ш. Современные тенденции развития методов дистанционного обнаружения радиоактивных и высокотоксичных веществ/ Ш. Ш. Набиев // Вестник РАЕН. Физика. – 2012. – Вып. 1. – С. 14 – 25.
  4. Зуев В. В. О точности дистанционного зондирования угарного газа с использованием 2-й гармоники ТЕА-CO<sub>2</sub> лазера / В. В. Зуев, А. А. Мицель, И. В. Пташник // Оптика атмосферы. – 1992. – Т.5. – Вып 9. – С. 970 – 977.
  5. Гейко П. П. Контроль концентрации отравляющих веществ лидаром дифференциального поглощения на основе CO<sub>2</sub>-лазера. Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники / П. П. Гейко. – 2011. – Вып. 2-3 (24). – С. 31 – 35.
  6. Межерис Р. Лазерное дистанционное зондирование / Р. Межерис. – М.: Мир, 1987. – 550 с.

## Abstract

### INVESTIGATIONS OF THE INFLUENCE WIDTH OF THE LASER LINE ON THE EFFECTIVENESS OF LIDAR MEASUREMENTS OF RADIOACTIVE AND TOXIC SUBSTANCES

V. Romanyuk, S. Nesterenko, M. Kiriienko, O. Ivanova

*Currently, the world has considerable quantities of hazardous chemicals that when released into the environment in emergency situations (ES) may pose a threat of mass destruction of people, cause damage to nature, contaminating large areas. In Ukraine there are 931 object, which are stored or used in the production activities 308.07 ths. Tons of hazardous chemicals (OHV), including 4.08 ths. Tons of chlorine, 202.66 thousand. Tons of ammonia and 101.33 thousand. tonnes of other hazardous chemicals. As a consequence, in case of emergency situations (ES) in the affected area of the chemical can get more than 250 areas, where about 20 million people. Chemical hazards and creates waste accumulation, the total amount of which exceeds 35 billion tons. Therefore, control of the state of ecological conditions near the major technological systems in order to prevent large-scale accidents is an important inter-state problem. However, ongoing environmental protection measures at these facilities and landfills for the destruction of highly toxic materials are insufficient. There is a strong possibility of accidental releases of highly molecular compounds produced during reprocessing of nuclear fuel, disposal of weapons-grade uranium and plutonium, the radioactive inventory (PB), poison (s) of highly toxic substances (SDYAV), etc.*

*Therefore, the relevance of the tasks of operational control of the gas and aerosol emissions of hazardous energy and industrial objects increases dramatically. First of all we are talking about the possible consequences of accidents on the production of nuclear fuel cycle (NFC), associated not only with the RV emissions, but*

also a number of highly toxic compounds. Finally, in recent years one of the most pressing problems of the state becomes a struggle against various manifestations (including with radiation, chemical, etc.) terrorist activities.

*In this paper we currently available active remote sensing (monitoring) PB and OB based on the achievements of absorption spectroscopy. Investigations of the influence of the width of the laser line on the effectiveness of lidar measurements. They show that the change in the ratio of half-width of the laser line and the half-width of the absorption lines of the gas under investigation leads to the need to consider a systematic measurement error due to the finite width of the laser radiation.*

*Keywords: remote sensing, half-width of the laser radiation absorption line.*

## **Анотація**

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ШИРИНИ ЛІНІЇ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЛІДАРНИХ ВИМІРІВ РАДІОАКТИВНИХ І ОТРУЙНИХ РЕЧОВИН**

Романюк В.А., Нестеренко С.В., Кірієнко М.М., Іванова О.П.

*В даний час в світі зосереджені значні кількості небезпечних хімічних речовин, які при попаданні в навколишнє середовище в умовах надзвичайних ситуацій (НС) можуть створювати загрозу масового ураження людей, завдавати шкоди природі, заражаючи значні території. В Україні налічується 931 об'єкт, де зберігаються або використовуються у виробничій діяльності 308,07 тис. т небезпечних хімічних речовин (НХР), в тому числі 4,08 тис. т хлору, 202,66 тис. т аміаку і 101,33 тис. т інших небезпечних хімічних речовин. Як наслідок, в разі надзвичайних ситуацій в зону хімічного ураження можуть потрапити більше 250 районів, де проживає близько 20 млн чоловік. Хімічну небезпеку створює і накопичення відходів, загальний обсяг яких перевищує 35 млрд т. Тому контроль за станом екологічної обстановки поблизу великих технологічних комплексів з метою запобігання великомасштабних аварій є важливою міждержавної проблемою. Однак проведені заходи по захисту навколишнього середовища на цих підприємствах і полігонах по знищенню високотоксичних матеріалів недостатні. Існує велика ймовірність аварійних викидів високотоксичних молекулярних сполук, що утворюються в процесі переробки ядерного палива, утилізації збройового урану і плутонію, запасів радіоактивних (РР), отруйних (ОР), сильнодіючих отруйних речовин (СДОР) і т.д.*

*Тому актуальність завдань оперативного контролю за газовими і аерозольними викидами небезпечних енергетичних і промислових об'єктів різко зростає. В першу чергу мова йде про можливі наслідки аварійних ситуацій на виробництвах ядерного паливного циклу (ЯПЦ), пов'язаних не тільки з викидами РР, а й ряду високотоксичних сполук. Нарешті, в останні роки однією з найактуальніших державних завдань стає боротьба з різними проявами (в т.ч. з радіаційними, хімічними і т.д.) терористичної діяльності.*

*У даній роботі розглянуті можливості наявних на сьогоднішній день активних методів дистанційного зондування (контролю) РР і ОР, засновані на*

*досягненнях спектроскопії поглинання. Проведено дослідження впливу ширини лінії лазерного випромінювання на ефективність лідарних вимірів. Вони показують, що зміна співвідношення напівширини лінії лазерного випромінювання і напівширини лінії поглинання досліджуваного газу призводить до необхідності врахування систематичної помилки вимірювань, пов'язаної з кінцевою шириною лінії лазерного випромінювання.*

*Ключові слова: дистанційне зондування, напівширина лінії лазерного випромінювання, лінія поглинання.*

## НОВАЯ ЭЛЕМЕНТНАЯ БАЗА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО УСТОЙЧИВОСТИ КОЛЁСНЫХ МАШИН

**Полянский А.С., д.т.н., проф., Задорожная В.В. к.т.н., доц.,  
Переверзева Л.Н., ст. преп.**

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства  
имени Петра Василенко*

*Исследована точность трёх координатных датчиков пьезоэлектрического типа при оценке ускорений контрольно-измерительной системы. Обоснованы требования по монтажу этих датчиков на колёсной машине с шарнирно-сочленённой рамой. Разработан алгоритм установки датчиков ускорения в нулевую отметку, который позволяет снизить погрешность оценки ускорений с 3% до 1%.*

**Введение.** Значительную часть технологических операций, (до 40%), современные колесные машины выполняют на склонах, а выбор скорости движения определяет условия и режимы их нагружения. Повышение скорости движения колесной машины, неровности рельефа поля, на котором выполняются эти операции, создают опрокидывающий момент, влияющий на устойчивость движения.

Важной научной задачей является точность оценки величины момента опрокидывания колесных машин, работающих на поперечном уклоне. Разработка устройства регистрирующего это внешнее возмущение поможет оператору принять решение, в виде снижения подачи топлива в двигателе, а, следовательно, уменьшения скорости движения колесной машины.

**Анализ публикаций.** Выполнение транспортно-технологических операций на уклонах оказывает большое влияние на динамические и тяговые качества, устойчивость и управляемость колесных машин. Полевые дороги между обрабатываемыми участками обычно проходят по неудобным землям, где уклоны как вдоль, так и поперек дороги, могут быть круче обрабатываемых склонов.

Исследованиями установлено, что склоны могут быть различной ровности. Одни близки к наклонной плоскости, другие представляют вогнутую поверхность, третьи выпуклую или ступенчатую. Для них характерно обилие микронеровностей, впадин или выступающих камней.

Работе колесных машин на уклонах посвящены публикации [1,2], в которых рассматриваются различные факторы устойчивости при выполнении транспортно-технологических операций.

Проведенными нами исследованиями установлено, что безопасность использования колесных машин, можно повысить, если разработать систему, которая может фиксировать критическую точку, т.е. вектор силы центра масс, когда она выходит за пределы опорной поверхности. Поэтому, исследования

точности оценки результатов динамических свойств и их влияние на момент опрокидывания, являются актуальными.

Целью работы является повышение точности оценки результатов работы колесной машины при выполнении транспортно-технологических работ на уклоне, обеспечивающих ее безопасное использование.

Для проведения экспериментальных исследований выбирали участки со склоном больше 30, а в качестве объекта исследования была выбрана колесная машина, трактор Т-150К, который используется в качестве силового агрегата при выполнении транспортно-технологических операций рис. 1.

Подготовка к проведению экспериментальных исследований заключалась в следующем: обоснование структуры и схемы измерения ускорений транспортного средства при движении на уклоне, установка датчиков, настройка и проверка бортового контрольно-измерительного комплекса системы измерений, запись и анализ информации для дальнейших исследований.

На колесную машину с шарнирно-сочлененной рамой устанавливаются специальные 4 датчика ускорений Freescale Semiconductor модели MMA7260QT, которые измеряют линейные ускорения.



Рис. 1 – Объект исследования

С помощью соединительных кабелей, длина которых составила 7 метров, датчики линейных ускорений соединены с ПЭВМ для снятия и архивации данных. Даная конструкция и представляет собой бортовую контрольно-измерительную систему (рис. 2).

Для повышения точности измерений датчиков линейных ускорений в ходе эксперимента была проведена оценка влияния длины соединительных кабелей и температуры окружающей среды на точность измерений ускорений.

Экспериментом установлено, что наибольшее влияние на точность измерения ускорений имеет температура окружающей среды (погрешность измерений может достигать 5% при изменении температуры на каждые 100С), а длина шнуров (до 12 м) бортовой контрольно-измерительной системы не оказывает существенного влияния (погрешность измерений до 1%).



Рис. 2 - Бортовая контрольно-измерительная система.

При настройке системы измерения использовалось специальное приспособление для установки датчиков в нулевую отметку. Спроектированное устройство повышает точность установки датчиков ускорений при эксплуатационных испытаниях и содержит установочный блок 1, коромысло 2, рамку 3, регулировочные винты коромысла 4 и рамки 5 для датчиков ускорения 6 (рис. 3) [4].

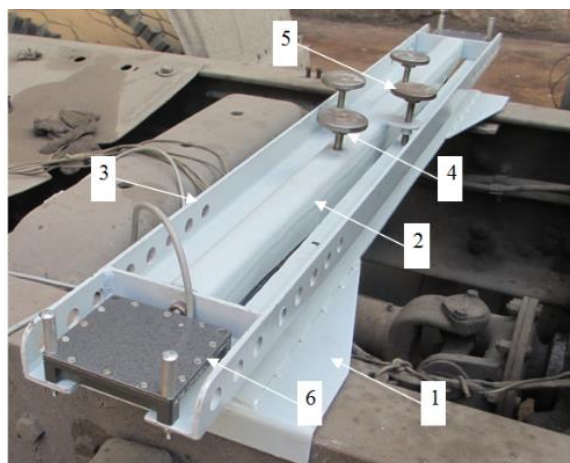


Рис. 3 - Приспособление для установки датчиков в нулевую отметку

Измерительная система и приспособление для установки датчиков в нулевую отметку образуют мобильно - измерительный комплекс определения предельного угла положения машины на поперечном уклоне, который работает за схемой (рис.4) [3].

Алгоритм работы пьезоэлектрического датчика. Во время движения неровностями возникают динамические нагрузки за счет взаимного перемещения передней 1 и задней 2 полурамы в вертикальной плоскости. Установленные демпфирующие элементы 5 создают усилие, которое направлено на выравнивание положения полурамы и уменьшения их скорости относительно перемещения. Это позволяет повысить поперечную устойчивость колесных машин с шарнирно-сочлененной рамой во время движения по неровностям.



Рис. 4 - Схема обеспечения безопасного использования мобильных машин методом парциальных ускорений

При установке приспособления на раме транспортного средства, а датчиков ускорений – на его рамке повышается достоверность результатов испытаний и существенно уменьшается погрешность измерений, за счет ввода автоматической поправки на неточность установки датчиков ускорений относительно осей средств транспорта, подтвержденную математическим путем [4]:

$$a_{z1} = a_z \frac{\sqrt{1 + \frac{a_x^2}{a_z^2} + \frac{a_y^2}{a_z^2}}}{\sqrt{1 + \left( \frac{1 + \frac{a_z}{a_x} \operatorname{tg} \alpha}{\frac{a_z}{a_x} - \operatorname{tg} \alpha} \right)^2 + \left( \frac{1 + \frac{a_z}{a_y} \operatorname{tg} \beta}{\frac{a_z}{a_y} - \operatorname{tg} \beta} \right)^2}} = a_z \delta_z \quad (1)$$

Во время проведения экспериментальных исследований трактор прямолинейно двигался на уклон, с уклона и вдоль уклона на участках с разными дорожными условиями.

В процессе движения, бортовая контрольно-измерительная система регистрировала следующие параметры:

- код АЦП по оси ОХ (для перевода в продольные ускорения  $a_x$ );
- код АЦП по оси ОУ (для перевода в боковые ускорения  $a_y$ );
- код АЦП по оси ОZ (для перевода в вертикальные ускорения  $a_z$ ).

С помощью разработанной программы, обрабатывались полученные в ходе эксперимента, значения продольных, боковых и вертикальных ускорений, относительная погрешность которых не превышает 3-х%.

Анализ полученных экспериментальных данных показывает, что в процессе движения, на поперечном уклоне, трактора Т-150К возникают боковые ускорения, т.е. машина находится в зоне неустойчивого движения.

**Выводы.** 1. Исследованиями установлено, что точность измерений при использовании трёх координатных датчиков пьезоэлектрического типа при



оценке ускорений контрольно-измерительной системы повышается.

2. Обоснованы требования по монтажу этих датчиков на колёсной машине с шарнирно-сочленённой рамой. Разработан алгоритм установки датчиков ускорения в нулевую отметку, который позволяет снизить погрешность оценки ускорений с 3% до 1%.

### Список используемой литературы

1. Коновалов В.Ф. Динамическая устойчивость тракторов. - М.: Машиностроение, 1981. - 144с, ил.
2. Подригало М.А., Полянский А.С., Клец Д.М., Дубинин Е.А, Задорожная В.В. Разработка метода градуировки датчиков линейных ускорений бортовой контрольно-измерительной системы средств транспорта. // Матеріали науково-практичної конференції «Проблеми розвитку, удосконалення та експлуатації озброєння та військової техніки у внутрішніх військах МВС України» 29 листопада 2012 року.- С. 19-22.
3. Задорожная В.В. Повышение безопасности использования колесных машин при выполнении транспортных работ на поперечном уклоне: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20/ В.В. Задорожная. - Харьков, 2014. – 20с.
4. Подригало М.А., Полянский А.С., Клец Д.М., Дубинин Е.А, Артемов Н.П., Задорожная В.В. Пути точности измерений ускорений мобильных машин путем снижения монтажной погрешности датчиков.

### Аннотация

#### НОВА ЕЛЕМЕНТНА БАЗА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПО СТІЙКОСТІ КОЛІСНІ МАШИНИ

Полянський О.С., Задорожна В.В., Переверзева Л. М.

*Досліджено точність трьох координатних датчиків п'єзоелектричного типу при оцінці прискорень контрольно-виміральної системи. Обґрунтовано вимоги по монтажу цих датчиків на колісній машині з шарнірно-зчленовані рамою. Розроблено алгоритм установки датчиків прискорення в нульову позначку, який дозволяє знизити похибка оцінки прискорень з 3% до 1%.*

### Abstract

#### NEW ELEMENT BASE EXPERIMENTAL RESEARCH ON STABILITY WHEELED VEHICLES

A. Polyansky, V. Zadorozhnyaya, L. Pereversev

*Accuracy of the three coordinate piezoelectric type sensors in the evaluation of the acceleration test and measurement systems. Reasonable requirements for installation of the sensors on the wheel machine with Articulated frame. A sensor installation algorithm acceleration zero mark, which reduces the acceleration error estimation from 3% to 1%.*

## ОЦІНКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ТОЧНОСТІ ТРАКТОРІВ НА ТРАНСПОРТНИХ РОБОТАХ

Лебедєв А.Т., д.т.н., проф., Шуляк М.Л., к.т.н., доц.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка*

*В аграрному секторі України зайнятість колісних тракторів на транспортних роботах знаходиться в межах 40-45% від річного їх використання. Рішення для даних тракторів проблеми забезпечення їх функціональної точності актуально.*

*Обґрунтовано методологія оцінки функціональної точності тракторів у взаємозв'язку з їх працездатністю шляхом оцінки реального технічного стану контрольованого елемента (двигуна, трансмісії, рульового управління і т.д.). На прикладі дизеля ЯМЗ-236Д-3 трактора ХТЗ-17221 при використанні на транспортних роботах доведено, що для забезпечення їх функціональної точності похибки вимірювання тиску масла і ефективної потужності не повинні проявлятися відповідно з імовірністю більше  $P - 0,005$  і  $P - 0,045$ .*

*Ключові слова: трактор, функціонування, точність, технічний стан.*

**Вступ.** Проблема функціональної точності тракторів вирішується шляхом оцінки відхилень (похибок) параметрів від їх розрахункових (номінальних) значень, виникаючих під впливом різних дестабілізуючих факторів. Рішення даної проблеми актуально при виконанні колісними тракторами транспортних робіт у складі тракторних поїздів, транспортно-технологічних агрегатів змінної маси і т.д.

**Аналіз основних публікацій.** Функціонування трактора на транспортних роботах є складовою частиною їх виробничої експлуатації. Основні методичні і наукові положення раціонального комплектування транспортних агрегатів на основі тракторів, прогнозування їх функціональних параметрів і т.д. достатньо докладно викладено в учбовій та науковій літературі [1, 2, 3]. При оцінці функціональної точності аналізується за ДСТУ 7463:2013 [4] показники, які визначають тяговий клас трактора, енергетичні можливості і агрегатованість. При цьому у відповідності з ДСТУ 2860-94 [5] трактор буде у працездатному стані, тобто функціонально стійким, при якому значення усіх параметрів, що характеризують його спроможність виконувати задані функції, відповідно вимогам нормативної і технічної документації (НТД). Рішення питань забезпечення функціональної точності тракторів направлене на реалізацію ДСТУ ISO 9001:2009 [6].

**Мета дослідження** передбачає обґрунтування методології функціональної точності трактора та його основних елементів в експлуатації.

**Результати дослідження.** Застосовуючи основні положення теорії точності складних систем [7] при оцінці функціональної точності трактора

необхідно розглянути процес виконання трактором заданих функцій, спрямованих на досягнення поставленої мети, що характеризується певними значеннями її параметрів (вихідний, первинний, вторинний). При цьому вихідний параметр є результатом рішення функціональної завдання відповідно до цільового призначення трактора в цілому (тягове зусилля, швидкість руху) або його складових елементів (двигун, ВВП і т.д.).

Первинний параметр трактора визначається при безпосередньому контролі, зміні складових елементів, а вторинний – є деякою функцією первинних параметрів. Наприклад, тягове зусилля трактора залежить від потужності двигуна; швидкість його руху – від частоти обертання колінчастого валу, передавального числа трансмісії і т.д.

Вихідний параметр трактора  $x$  зазвичай є вторинний. Будь-яке значення вихідного параметра є результатом перетворення деяких первинних по відношенню до нього величин. До таких первинних величин відносяться характеристики вхідних сигналів  $S$  і параметрів  $q$  елементів (двигуна, трансмісії і т.д.) трактора. Відповідно до цього модель трактора обґрунтовується за функціональною залежністю  $x = \varphi(S, q)$ . При номінальних значеннях параметрів  $S_n, q_n$ , які відповідають вимогам НТД, дана модель має вигляд  $x_n = \varphi(S_n, q_n)$ . Ступінь відмінності реальної моделі  $x$  від номінальної  $x_n$  оцінюється функціональною похибкою трактора  $\Delta x = x - x_n$ , що характеризує його функціональну точність, тобто здатність трактора виконувати задані функції з певним ступенем близькості до номінальної моделі.

При виході значень похибки  $\Delta x$  функціонування трактора за допустимі межі він втрачає працездатність, тобто здатність функціонувати з необхідним (заданим) ступенем точності.

При  $q_1, q_2, \dots, q_n$  елементах трактора (двигун, трансмісія і т.д.) і вхідним сигналом стану даних елементів модель функціонування трактора записується у вигляді

$$x = \varphi(S, q_1, q_2, \dots, q_n). \quad (1)$$

При  $S_k$  вхідному сигналі контроль кожного  $q_k$  елемента трактора залежність (1) перетворюється до вигляду

$$q_{ik} = q_{ik}(S_{1k}, \dots, S_{nk}, x_{1k}, \dots, x_{nk}). \quad (2)$$

Підставляючи (2) у (1), записуємо вихідний параметр на момент закінчення контролю у вигляді наступної функції

$$x_k = x_k(S, S_{1k}, \dots, S_{nk}, x_{1k}, \dots, x_{nk}). \quad (3)$$

При контролі трактора в експлуатації значення параметрів складних його елементів змінюються і становляться рівними

$$q_i = q_{ik} + \Delta q_i. \quad (4)$$

де  $\Delta q_i = \Delta q_{iy}$  - відхилення параметру  $i$ -го елемента трактора при контролі, обумовлене неідентичністю умов контролю.

З урахуванням залежностей (2) і (4) записується рівняння контрольованого функціонального параметру у вигляді функції величин

$$x = x(S, S_{1k}, \dots, S_{nk}, x_{1k}, \dots, x_{nk}, \Delta q_1, \dots, \Delta q_n). \quad (5)$$

Оцінка функціональної точності трактора визначається шляхом порівняння його параметрів, отриманих за (5), з номінальними значеннями, які визначені НТД.

Беручи за функціональну точність трактора як складної системи [7] здатність виконувати задані функції з певним ступенем близькості до ідеальної моделі, функціональна похибка трактора при  $x$  і  $x_n$  поточних і номінальних значеннях функціональних параметрів оцінюється по залежності

$$\Delta x = x - x_n. \quad (6)$$

Достовірність контролю функціональної точності і працездатності трактора можна оцінити по залежності [8]:

$$D = 1 - (P_1 + P_2), \quad (7)$$

де  $P_1$  і  $P_2$  – ймовірності помилок першого (пропуск відмови) і другого (помилковий відмова) роду.

Ймовірності помилок де  $P_1$  і  $P_2$  залежать від законів розподілу значень контрольованих функціональних параметрів і похибок вимірювань, часу вимірювального процесу та характеристики поля допуску на величину вимірюваного параметра. Трактор як об'єкт контролю буде працездатним, тобто придатним ( $\Gamma$ ) до подальшої експлуатації, якщо результат вимірювання задовольняє умові

$$c \leq y \leq d, \quad (8)$$

де  $c, d$  – межі поля допуску контрольованого параметра  $y$ ,  $2\delta = d - c$ ;  $y = x_k + \Delta x_k$ ;  $x_k, \Delta x_k$  – дійсне значення контрольованого параметра і похибка його вимірювання.

При невиконанні умови (8) робиться висновок про непридатність ( $\bar{\Gamma}$ ) трактора до подальшої експлуатації. Для ймовірностей подій  $\Gamma$  і  $\bar{\Gamma}$  виконується рівність  $P_\Gamma + P_{\bar{\Gamma}} = 1$ .

Під час контролю функціональних параметрів трактора їх значення дорівнюють

$$x = x_k + \Delta x_n, \quad (9)$$

де  $\Delta x_n$  – відхилення параметра від його значення, обумовлене похибками вимірювань.

Трактор під час контролю буде справний, якщо кожен з його функціональних параметрів знаходиться в області працездатності  $(a, b)$ :

$$a < x < b. \tag{10}$$

Про стан трактора до проведення контролю можуть бути висловлені дві взаємовиключні гіпотези: трактор справний  $(I)$ , якщо виконується умова (10); трактор несправний  $(\bar{I})$  при невиконанні умови (10). Сума ймовірностей даних подій  $P_u + P_{\bar{u}} = 1$ .

Заміна умови (10) правилом (8) призводить до помилкових рішень:

$y \in (c, d), x \notin (a, b)$  – невиявлена відмова  $(\bar{I} / \Gamma)$ ;

$y \notin (c, d), x \in (a, b)$  – помилкова відмова  $(I / \bar{\Gamma})$ .

Вірні висновки робляться в наступних ситуаціях:

$y \in (c, d), x \in (a, b)$  – вірний висновок «трактор придатний»  $(I / \Gamma)$ ;

$y \in (c, d), x \notin (a, b)$  – вірний висновок «трактор непридатний»  $(\bar{I} / \bar{\Gamma})$ .

Для ймовірностей даних подій виконується рівність (рис. 1):

$$P_{\text{но}} + P_{\text{ло}} + P_{\text{вз}}^{\Gamma} + P_{\text{вз}}^{\bar{\Gamma}} = 1, \tag{11}$$

де  $P_{\text{но}}, P_{\text{ло}}, P_{\text{вз}}^{\Gamma}, P_{\text{вз}}^{\bar{\Gamma}}$  – імовірності відповідно несправних тракторів, наявність серед справних тракторів невірно забракованих; вірно визнаних придатними і непридатними до подальшої експлуатації.

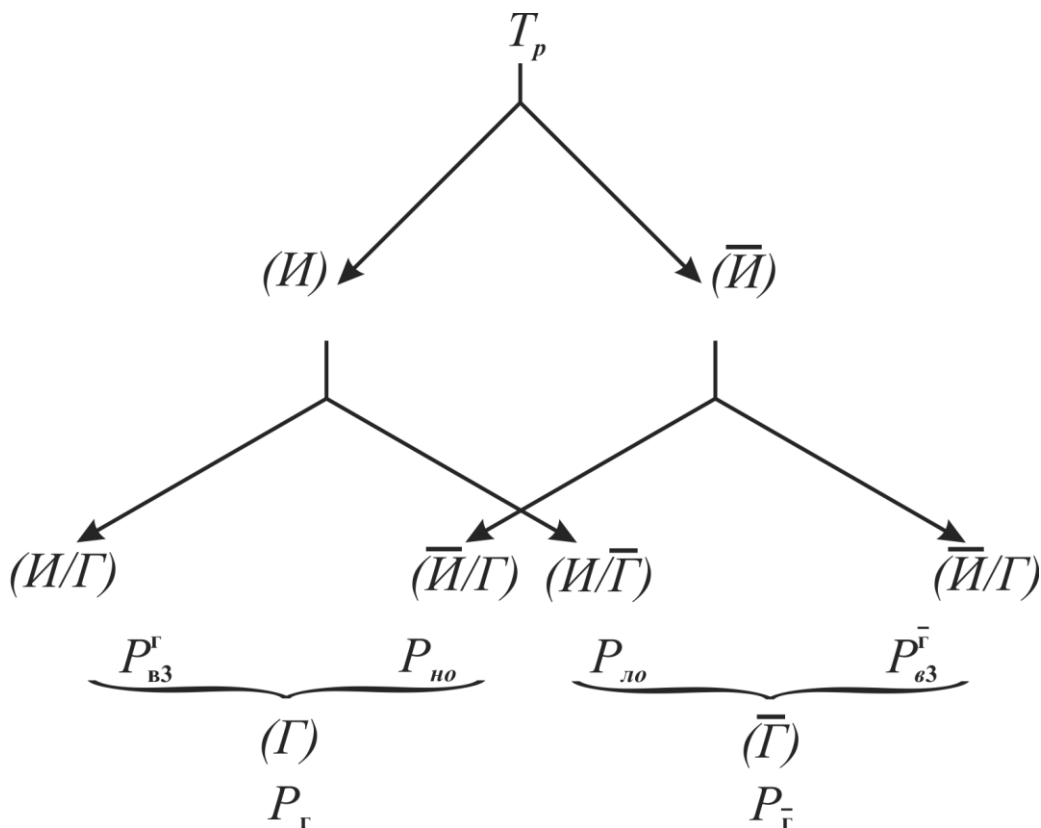


Рис. 1 – Схема формування та оцінки достовірності результатів контролю функціональної точності трактора  $(T_p)$

З даної схеми випливає, що

$$P_{\text{но}} = P_{\Gamma} - P_{\text{вз}}^{\Gamma} = P_{\bar{u}} - P_{\text{вз}}^{\bar{\Gamma}} = 1; P_{\text{ло}} = P_u - P_{\text{вз}}^{\Gamma} = P_{\bar{\Gamma}} - P_{\text{вз}}^{\bar{\Gamma}}. \quad (12)$$

Подія, що полягає в тому, що серед визнаних придатними тракторами є несправні елементи, оцінюються умовною ймовірністю невиявленої відмови

$$P_{\text{но}} = \frac{P_{\text{но}}}{P_{\Gamma}} = 1 - \frac{P_{\text{вз}}^{\Gamma}}{P_{\Gamma}}. \quad (13)$$

Наприклад, під час оцінки придатності трактора до подальшої експлуатації за тяговим показником можлива невиявлена відмова по граничному зносу муфти зчеплення, шин трактора і т.д.

Помилкова відмова оцінюється умовною ймовірністю того, що серед справних тракторів є невірно забраковані елементи

$$P_{\text{ло}} = \frac{P_{\text{ло}}}{P_u} = 1 - \frac{P_{\text{вз}}^{\Gamma}}{P_u}. \quad (14)$$

Наприклад, при підвищенні питомої витрати палива на одиницю виконаної трактором роботи помилково можуть бути замінені елементи паливної системи трактора, хоча причина даної відмови можлива через підвищене буксування зношених шин.

Таблиця 1 – Достовірність контролю дизеля ЯМЗ-236Д-3 трактора ХТЗ-17221

Контрольований параметр, <i>D</i>	Ймовірність помилок	
	<i>P<sub>I</sub></i>	<i>P<sub>II</sub></i>
Тиск масла	0,003	0,002
Витрата масла	0,004	0,002
Питома витрата палива	0,014	0,007
Кут випередження упорскування палива	0,006	0,003
Димність відпрацьованих газів	0,006	0,003
Прорив газів в картер	0,007	0,003
Температура відпрацьованих газів	0,012	0,006
Ефективна потужність	0,030	0,015
Індикаторний тиск	0,016	0,008
Тиск паливоподачі	0,006	0,003
Віброакустичні характеристики упорскування	0,009	0,005

Достовірність контролю функціональної точності і працездатності тракторів справляє істотне значення на ефективність їх використання. Низька достовірність контролю, що характеризує ступінь об'єктивності оцінки реального стану контрольованого елементу (двигуна, трансмісії, рульового керування і т.д.), може призвести до помилок I роду (пропуск відмови) та II роду (помилкова відмова) [8]. Помилки I роду призводять до невиправданих демонтажних робіт для усунення відмови, II роду – до матеріальних втрат на заміну придатних до експлуатації елементів трактора. Як приклад в таблиці 1

наведені ймовірності помилок I ( $P_I$ ) та II ( $P_{II}$ ) роду двигуна ЯМЗ-236Д-3 трьох тракторів ХТЗ-17221 на транспортних роботах при наробітку кожного 1000 мотогодин для різних контрольованих параметрів ( $D$ ), отриманих з достовірністю не нижче 85%.

Підсумовування  $P_I$  і  $P_{II}$  показує, що для гарантування заданою достовірністю контролю (85 %) дизеля ЯМЗ-236Д-3 трактора ХТЗ-17221 на транспортних роботах похибки вимірювання окремих контрольованих параметрів не повинні проявлятися з імовірністю більш ніж  $P - 0,005$  (тиск масла) і  $P - 0,045$  (ефективна потужність).

### **Висновки.**

1. Проблема функціональної точності тракторів при їх експлуатації вирішується шляхом оцінки відхилень (похибок) функціональних параметрів від їх розрахункових (номінальних) значень, які виникають під впливом різних дестабілізуючих факторів.

2. Методологія оцінки функціональної точності тракторів базується на порівнянні ймовірностей помилок першого (пропущення відмови) і другого (помилкова відмова) ряду контрольованих функціональних параметрів і похибок вимірювань. На підставі даного порівняння робиться висновок про придатність трактора до подальшої експлуатації.

3. Експериментально підтверджено, що для забезпечення функціональної точності тракторів ХТЗ-17221 на транспортних роботах з достовірністю контролю 85 % дизеля ЯМЗ-236Д-3 похибки вимірювання тиску масла і ефективної потужності не повинна проявлятися відповідно з вірогідністю більш ніж  $P - 0,005$  і  $P - 0,045$ .

### **Список використаних джерел**

1. Иофинов С.А. Эксплуатация машинно-тракторного парка [Текст]/ С.А. Иофинов, Г.П. Лышко. – 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Колос, 1984. - 351 с.
2. Тракторные поезда [Текст]/ П.П. Артемьев, Ю.Е. Атаманов, Н.В. Богдан и др. – М.: Машиностроение, 1982. – 286 с.
3. Шалягин В.Н. Транспортные и транспортно-технологические средства повышенной проходимости [Текст]/ В.Н. Шалягин. – М. : Агропромиздат, 1986. – 254 с.
4. ДСТУ 7463:2013. Сільськогосподарська техніка. Трактори сільськогосподарські. Класифікація показників [Текст]. – Київ: Держстандарт України, 2013. – 11 с.
5. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення [Текст]. – Київ: Держстандарт України, 1994. – 36 с.
6. ДСТУ ISO 9001:2009. Системи управління якістю. Вимоги (ISO 9001: 2008, IDT) [Текст]. – Київ: Держспоживстандарт України, 2009. – 18 с.
7. Бородачев Н.А. Основные вопросы теории точности производства [Текст]/ Н.А. Бородачев. – М.: АН СССР, 1969. – 412 с.
8. Сергеев А.Г. Точность и достоверность диагностики автомобиля [Текст]/

А.Г. Сергеев. – М.: Транспорт, 1980. – 188 с.

## **Аннотация**

### **ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ТОЧНОСТИ ТРАКТОРОВ НА ТРАНСПОРТНЫХ РАБОТАХ**

Лебедев А.Т., Шуляк М.Л.

*В аграрном секторе Украины занятость колесных тракторов на транспортных работах находится в пределах 40-45 % от годового их использования. Решение для данных тракторов проблемы обеспечения их функциональной точности актуально.*

*Обоснована методология оценки функциональной точности тракторов во взаимосвязи с их работоспособностью путем оценки реального технического состояния контролируемого элемента (двигателя, трансмиссии, рулевого управления и т.д.). На примере дизеля ЯМЗ-236Д-3 трактора ХТЗ-17221 при использовании на транспортных работах доказано, что для обеспечения их функциональной точности погрешности изменения давления масла и эффективной мощности не должны проявляться соответственно с вероятностью более  $P - 0,005$  и  $P - 0,045$ .*

*Ключевые слова: трактор, функционирование, точность, техническое состояние.*

## **Abstract**

### **EVALUATION OF FUNCTIONAL ACCURACY TRACTORS ON THE TRANSPORT WORKS**

A. Lebedev, M. Shulyak

*In the agrarian sector of Ukraine employment wheeled tractors on transport operations in the range of 40-45% of annual use. Tractor data solution provide their functional accuracy overdue.*

*Substantiates the methodology for assessing the functional accuracy of tractors in relation to their performance by assessing the real technical condition of the controlled element (engine, transmission, steering, etc.). For example, diesel YaMZ-236D-3 tractor HTZ-17221 demonstrated when used in transport operations, in order to ensure their functional accuracy errors oil and an effective power change of pressure should not occur with probabilities  $P - 0,005$  and  $P - 0,045$ .*

*Keywords: tractor, function, accuracy of work, technical condition.*



## РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ КОМБІНОВАНОГО ГРУНТООБРОБНО-ПОСІВНОГО АГРЕГАТУ

**Антощенко Р. В., к.т.н. доц., Лебедев А.Г., д.т.н. проф.**

**Антощенко В.М., к.т.н. проф.**

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства  
имени Петра Василенко*

*Сучасний стан аграрного сектору України потребує підвищення ефективності виробництва продукції рослинництва, що в свою чергу залежить від витрати енергії на його виконання. Зменшення витрат енергії досягається за рахунок використання сучасних сільськогосподарських агрегатів, які забезпечують підвищення якості виконання технологічного процесу, знижують обсяги використаних палива-мастильних матеріалів, зменшують кількість проходів по полю, покращують умови праці механізаторів.*

*В роботі наведені результати експериментальних досліджень комбінованого ґрунтообробно-посівного агрегату в складі трактора John Deere 8345R, бункера для посівного матеріалу John Deere 1910 та сівалки прямої сівби John Deere 1895. Розраховані енергетичні показники кожного елемента агрегату. Приведене порівняння експериментальних та теоретичних досліджень комбінованого ґрунтообробно-посівного агрегату.*

*Ключові слова: комбінований агрегат, експериментальні дослідження, енергетичні показники.*

**Вступ.** Експлуатаційні дослідження машин є важливою складовою у створенні нової сільськогосподарської техніки. В процесі випробування мають бути визначені дефекти конструкції, які необхідно виправити в існуючих серійних і створюваних нових машинах. Випробування – це різновид наукового дослідження, при якому вивчення і оцінка виробничого процесу, виконуваного об'єктом дослідження, відбувається без зміни його параметрів і за тих же виробничих умов, для роботи в яких він призначений. Допускається змінювати лише ті параметри або кінематичні режими роботи процесу, машини або робочого органу, які передбачені регулюванням об'єкту дослідження.

Експлуатаційні дослідження сільськогосподарських машин та агрегатів, як і інших машин, в загальному випадку, відносяться до проблеми оцінки точності, якості і ефективності використання технічних систем.

**Аналіз основних публікацій.** Для проведення експлуатаційних досліджень багатоеlementних комбінованих агрегатів в ХНТУСГ ім. П. Василенка розроблена вимірювальна система динаміки та енергетики мобільних машин [1]. Дані отримані під час експериментальних досліджень обробляються алгоритмом обробки даних [2].

Розроблена вимірювальна система може використовуватись для оцінки динаміки сошників сівалки [3, 4] й оцінки керованості мотоагрегатів [5].

**Метою дослідження** є проведення експериментальних досліджень, що передбачають перевірку теоретичних передумов спрямованих на науково-технічне обґрунтування енергозберігаючого функціонування багатоелементних машинно-тракторних агрегатів, а також оцінку адекватності математичної моделі динаміки та енергетики багатоелементних агрегатів і підтвердження їх взаємозв'язку.

**Результати дослідження.** Предметом експериментальних досліджень є теоретичні та методологічні приклади взаємозв'язку динамічних та енергетичних показників функціонування комбінованих багатоелементних машинно-тракторних агрегатів.

Експериментальні дослідження відбувались в господарстві «ХарківАгро-2000» (Харківської області), під час яких визначались динамічні та енергетичні показники багатоелементного машинно-тракторного агрегату, що необхідні для підтвердження адекватності розробленої математичної моделі просторового руху. Об'єктом дослідження є комбінований ґрунтообробно-посівний агрегат в складі трактора John Deere 8345R, бункера для посівного матеріалу John Deere 1910 та сівалки прямої сівби John Deere 1895 загальний вигляд якого наведений на рис. 1.



Рис. 1 – Загальний вигляд комбінованого ґрунтообробно-посівного агрегату

Теоретичні дослідження енергетично-динамічної моделі ґрунтообробно-посівного агрегату на прикладі МТА в складі трактора John Deere 8345R, бункера для посівного матеріалу John Deere 1910 та сівалки прямої сівби John Deere 1895 потребують перевірки адекватності. Проаналізуємо результати експериментальних досліджень і порівняємо їх. Експериментальні дослідження проводились на трьох елементному МТА згаданому вище. Схема встановлення датчиків на агрегат наведена на рис. 2.

За допомогою датчиків визначали динамічні та енергетичні показники функціонування агрегату. На кожному елементі агрегату встановлювалися інерційні вимірювальні пристрої. Додатково фіксувались дані навігаційного приймача та електронного динамометру.

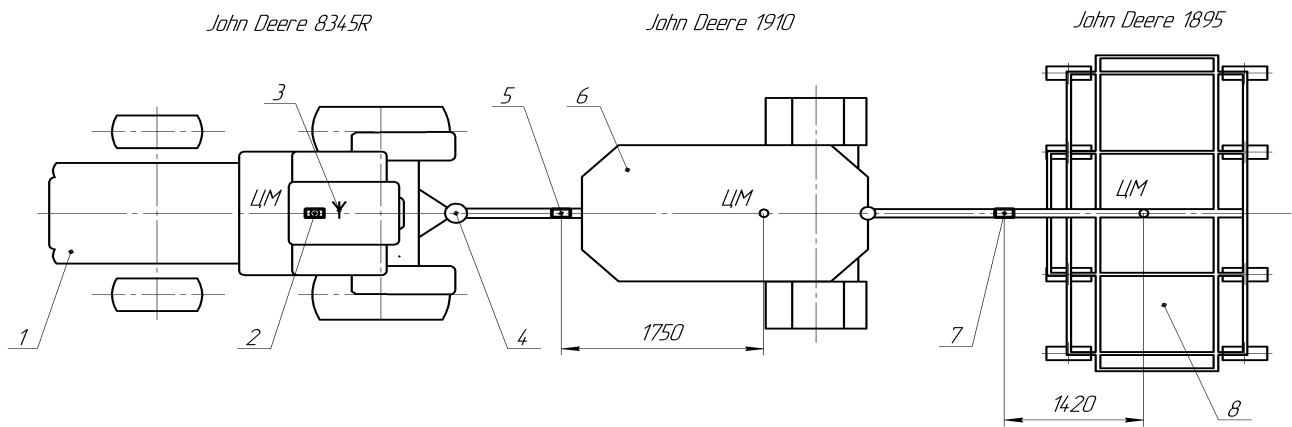


Рис. 2 – Схема установки датчиків на комбінований ґрунтообробно-посівний машинно-тракторний агрегат:

1 – трактор John Deere 8345R; 2 – інерційний вимірювальний пристрій 1; 3 – антена приймача GPS; 4 – датчик тягового зусилля; 5 – інерційний вимірювальний пристрій 2; 6 – бункер John Deere 1910; 7 – інерційний вимірювальний пристрій 3; 8 – сівалка John Deere 1895

Прискорення елементів багатоелементного посівного агрегату наведені на рис. 3.

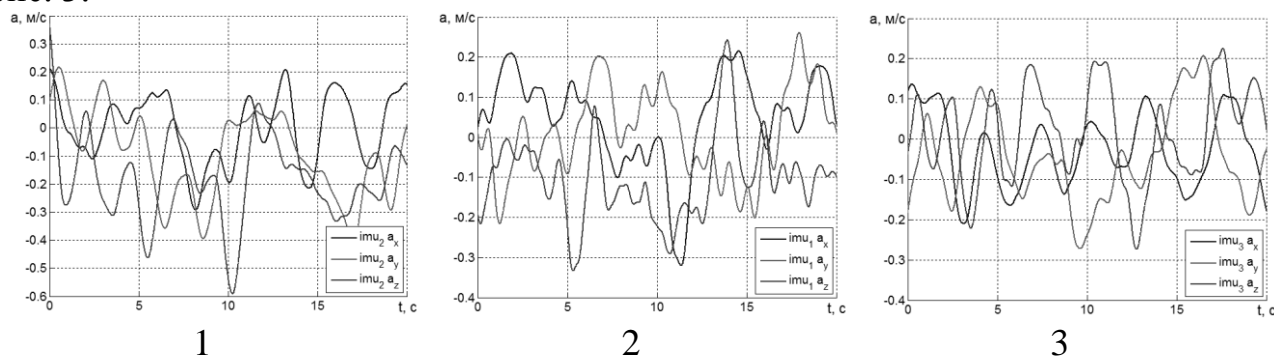


Рис. 3 – Прискорення елементів багатоелементного посівного агрегату:

$imu_1$ ,  $imu_2$ ,  $imu_3$  – інерційні вимірювальні пристрої 1, 2 та 3, що встановлені на тракторі, бункері та сівалці;  $a_x$ ,  $a_y$ ,  $a_z$  – прискорення елементів агрегату у напрямку відповідної вісі  $x$ ,  $y$ ,  $z$

Під час сталого руху агрегату по гону, коливання прискорень елементів агрегату підпорядковуються нормальному закону розподілення (рис. 3). Найбільший розмах коливань має прискорення бункеру по вісі  $z$  –  $\Delta a_z^B = 1 \text{ м/с}^2$ , а найменший у сівалки по вісі  $x$  –  $\Delta a_x^C = 0,3 \text{ м/с}^2$ . Розмах коливань прискорення по вісі  $y$  бункера  $\Delta a_y^B = 0,6 \text{ м/с}^2$  більший за відповідний для сівалки  $\Delta a_y^C = 0,5 \text{ м/с}^2$ , а розмах коливань по осі  $x$  має однакове значення для трьох елементів  $\Delta a_x^T = \Delta a_x^B = \Delta a_x^C = 0,3 \text{ м/с}^2$ .

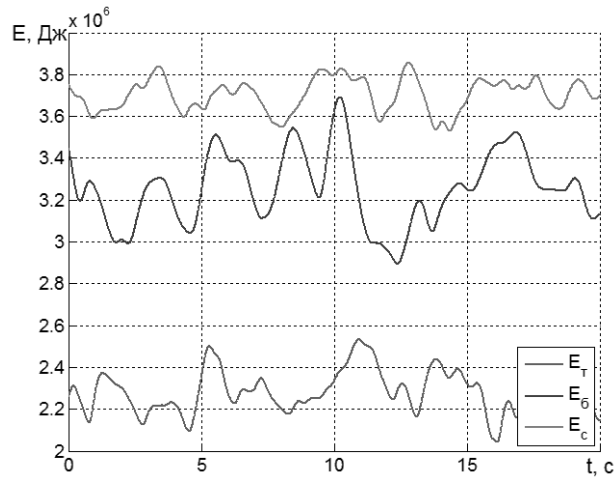


Рис. 4 – Енергія, що витрачається елементами МТА на функціонування:

$E_T$  – трактором;  $E_B$  – бункером;  $E_C$  – сівалкою

Розглянемо витрату енергії елементами МТА на функціонування (рис. 4), тобто енергію, що витрачається на роботу окремими його елементами. Витрати енергії трактором найменші  $E_{T \max} = 2,51 \cdot 10^6$  Дж з розмахом коливань  $\Delta E_T = 0,4 \cdot 10^6$  Дж. Сівалка має найбільші витрати енергії  $E_{C \max} = 3,805 \cdot 10^6$  Дж з розмахом  $\Delta E_C = 0,25 \cdot 10^6$  Дж. Коливання витрат енергії бункером мають найбільший розмах  $\Delta E_B = 0,8 \cdot 10^6$  Дж з середнім значенням  $E_B = 3,3 \cdot 10^6$  Дж.

Порівняємо витрату енергії елементами МТА під час експериментальних та теоретичних досліджень (рис. 5).

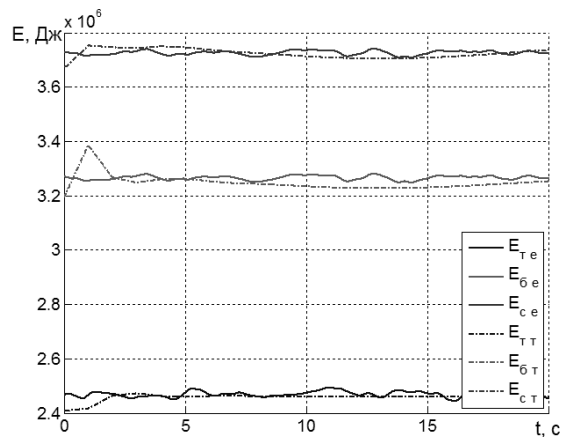


Рис. 5 – Порівняння витрати енергії елементами МТА під час експериментальних (індекс е) та теоретичних (індекс т) досліджень:

$E_T$  – трактором;  $E_B$  – бункером;  $E_C$  – сівалкою

При  $0 \leq t \leq 2,5$  с дані теоретичних досліджень енергетичних витрат мають перехідний процес, який потрібно ігнорувати. В усталеному процесі при  $2,5 < t \leq 20$  с різниця між теоретичними та експериментальними даними складає не більше 4%. Дані теоретичних досліджень мають менший розмах коливань.

Враховуючи вище наведені результати експериментальних та відповідних теоретичних досліджень, енергетично-динамічну модель ґрунтообробно-посівного агрегату на прикладі МТА в складі трактора John Deere 8345R, бункера для посівного матеріалу John Deere 1910 та сівалки прямої сівби John Deere 1895 потрібно вважати адекватною.

### **Висновки.**

1. Проведені експериментальні дослідження ґрунтообробно-посівного агрегату в складі трактору John Deere 8345R, бункеру для посівного матеріалу John Deere 1910 та сівалки прямої сівби John Deere 1895 дозволили визначити динамічні та енергетичні показники функціонування.

2. Під час розгону найбільша енергія витрачається сівалкою  $E_C = 3,75 \cdot 10^6$  Дж після закінчення розгону агрегату, тобто при  $t \geq 14$  с. Найменша витрата енергії у трактора –  $E_C = 2,4 \cdot 10^6$  Дж. Витрата енергії всіма елементами підвищується лінійно з відповідним підвищенням швидкості руху до робочої –  $v = 2,8$  м/с.

3. При русі по синусоїдальній траєкторії енергетичні витрати елементами агрегату змінюються за гармонійним законом з періодом  $T = 7,5$  с та перехідним процесом на початку руху при  $0 < t < 1,5$  с. Найбільші витрати енергії відбуваються в сівалці  $E_C = 3,7 \cdot 10^6$  Дж з розмахом  $\Delta_{E_C} = 0,15 \cdot 10^6$  Дж. Енергетичні витрати трактору та бункеру дорівнюють  $E_T = 2,5 \cdot 10^6$  Дж й  $E_B = 3,25 \cdot 10^6$  Дж з розмахом  $\Delta_{E_T} = 0,1 \cdot 10^6$  Дж та  $\Delta_{E_B} = 0,15 \cdot 10^6$  Дж.

### **Список використаних джерел**

1. Антощенко Р. В. Вимірювальна система динамічних та енергетичних показників орного агрегату [Текст] / Р. В. Антощенко, В. М. Антощенко, Д. В. Кашин // Механізація сільськогосподарського виробництва: Вісник ХНТУСГ. – Х.: ХНТУСГ, 2015. – Вип. 156. – С. 320-326.
2. Антощенко Р. В. Математичний апарат обробки даних вимірювальною системою динаміки та енергетики мобільних машин [Текст] / Р. В. Антощенко // Інженерія природокористування – Харків: ХНТУСГ, 2015. – Вип. 1 (3). – С. 96-103.
3. Мельник В. И. Методика обработки экспериментальных данных при изучении динамики сошника [Текст] / В. И. Мельник, Р. В. Антощенко, Аль-Фтиххат Моусаб Абдулвахид Моххамед // Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК: Материалы МНПК посвящённой 60 летию БГАТУ. – Минск.: БГАТУ, 2014. – ч. 2. – С. 75-80.
4. Мельник В. И. Особенности методики восстановления траектории сошника методом парциальных ускорений [Текст] / В. И. Мельник, Р. В. Антощенко, Аль-Фтиххат Моусаб Абдулвахид Моххамед // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2014. – Вип. 14., Т. 3. – С. 144-155.

5. Овсянников С. И. Оценка управляемости мотоагрегатов [Текст] / С. И. Овсянников, Р. В. Антощенко, М. А. Саблина // Сборник научных трудов по материалам Международной заочной научно-практической конференции актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика – Воронеж: ВГЛТА, 2014. – №. 5, ч. 3. – С. 252-256.

## **Аннотация**

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ КОМБИНИРОВАННОГО ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ПОСЕВНОГО АГРЕГАТА**

Антощенко Р.В., Лебедев А.Т., Антощенко В.Н.

*Современное состояние аграрного сектора Украины требует повышения эффективности производства продукции растениеводства, в свою очередь зависит от расхода энергии на его выполнение. Уменьшение затрат энергии достигается за счет использования современных сельскохозяйственных агрегатов, обеспечивающих повышение качества выполнения технологического процесса, снижают объемы использованных горюче-смазочных материалов, уменьшают количество проходов по полю, улучшают условия труда механизаторов.*

*В работе приведены результаты экспериментальных исследований комбинированного почвообрабатывающего посевного агрегата в составе трактора John Deere 8345R, бункера для посевного материала John Deere 1910 и сеялки прямого посева John Deere 1895. Рассчитанные энергетические показатели каждого элемента агрегата. Приведено сравнение экспериментальных и теоретических исследований комбинированного почвообрабатывающего посевного агрегата.*

## **Abstract**

### **RESULTS OF EXPERIMENTAL RESEARCH OF COMBINED SOIL- CULTIVATING UNIT**

R. Antoshchenkov, A. Lebedev, V. Antoshchenkov

*The current state of the agrarian sector of Ukraine calls for an increase in the efficiency of crop production, which in turn depends on the expenditure of energy for its implementation. Reducing energy costs is achieved through the use of modern agricultural units that provide improved quality of the process, reduce the amount of fuel and lubricants used, reduce the number of passes through the field, and improve the working conditions of machine operators.*

*The paper presents the results of experimental studies of a combined soil cultivator in the John Deere 8345R tractor, the John Deere 1910 seed hopper and the John Deere 1895 direct seeder. The calculated energy values of each unit element. Comparison of experimental and theoretical studies of a combined soil cultivating unit is presented.*

## ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТА ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ГІДРОПРИВОДУ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ ГУСЕНИЧНИХ МАШИН

**Шушляпін С.В., к.т.н., доц.**

*Харківський національний технічний університет сільського господарства*

**Дюндик С.М., к.т.н., доц.**

*Національна академія Національної гвардії України*

*На прикладі гусеничної машини сільськогосподарського призначення запропоновано метод контролю працездатності гідроприводу коробки передач зі зміною параметрів перехідного процесу, який дозволяє без демонтажу гідроагрегатів оцінити їх технічний стан.*

**Постановка проблеми.** Розвиток конструкцій гусеничних машин сільськогосподарського призначення в Україні і за кордоном спрямовано в основному на підвищення продуктивності, надійності і особливо довговічності їх агрегатів. Рішення цих завдань зажадало застосування на таких машинах трансмісій нових типів, зокрема коробка передач (КП) з перемиканням передач без розриву потоку потужності, істотною ланкою яких є гідропривід управління. Такі трансмісії застосовуються на тракторах вітчизняного виробництва : ХТЗ-160, ХТЗ-170, Т-153, ХТЗ-180 і ХТЗ-200 і ряду зарубіжних фірм : МТЗ, Джон-Дір та ін. [1, 11].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питанням дослідження гідроприводу присвячена безліч учбових, монографічних і періодичних публікацій. Це передусім роботи Башти Т.М. [3], Прокоф'єва В.Н. [4] та ін., які спрямовані на вдосконалення гідроприводу КП гусеничної машини з перемиканням передач без розриву потоку потужності шляхом вирішення завдання конструктивного удосконалення гідроприводів, в яких обґрунтовано оптимальний тиск робочої рідини, її температурний режим при номінальній потужності. Ефективність методів відновлення працездатності гідроприводів КП в період експлуатації гусеничних машин суттєво залежить від способів контролю його технічного стану. Своєчасне і високоякісне технічне обслуговування (діагностування) забезпечує збільшення терміну служби гусеничних машин і зростання ефективності використання в різних умовах експлуатації.

Технічна діагностика гідроприводу КП без розриву потоку потужності базується на загальній теорії технічної діагностики, зокрема, на роботах Міхліна В.М. [7], який заклав теоретичні основи діагностування сільськогосподарської техніки. При цьому до основних задач технічної діагностики відносяться: перевірка працездатності, пошук несправностей, отримання даних для прогнозування остаточного ресурсу, постановка діагнозу і прийняття рішення з керування технічним станом об'єкту діагностування.

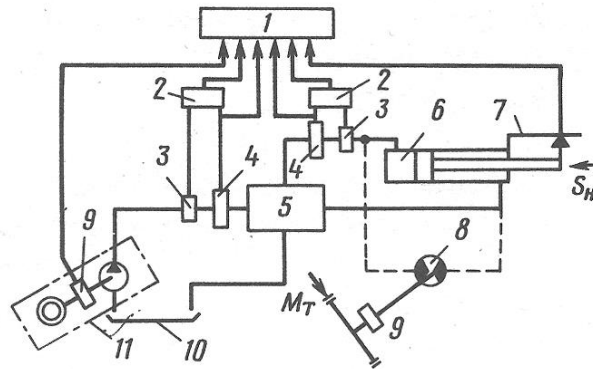


Рис. 1 – Схеми розміщення вимірювальної апаратури при діагностуванні гідравлічних систем по зміні об'ємного ККД і гідравлічній потужності:

1 - блок перетворення; 2 - блок множення; 3 - датчики тиску; 4 - датчики витрати; 5 - розподільник; 6 - гідроциліндр; 7 - датчик лінійного переміщення; 8 - гідромотор; 9 - датчики оборотів; 10 - бак; 11 - насосна установка;  $S_H$  - зусилля вантаження;  $M_T$  - момент гальмування

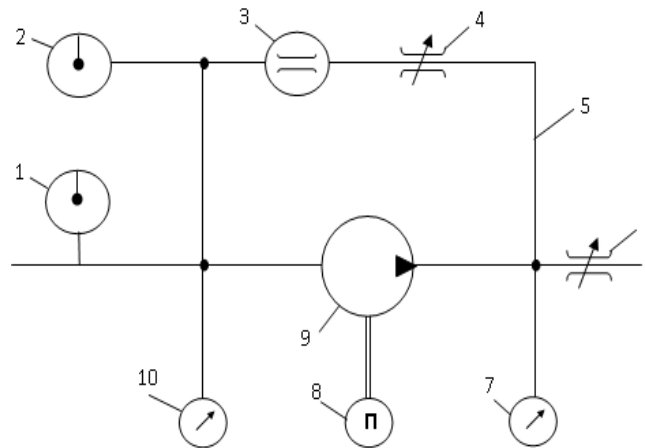


Рис. 2 – Схема пристрою для комплексного виміру об'ємного і повного ККД гідронасосу :

1, 2 - датчики температури; 3 - витратомір; 4, 6 - гідродроселі; 5 - перепускний канал; 7, 10 - датчики тиску; 8 - датчик частоти обертання; 9 - гідронасос

Останнім часом значення технічної діагностики гідроприводів КП з перемиканням без розриву потоку потужності значно зросла за такими основними причинами:

- зростаюча роль у сільськогосподарському виробництві енергонасичених гусеничних машин, що мають трансмісії з перемиканням передач без розриву потоку потужності;
- висока трудомісткість і вартість ремонту при відмові гідроприводу КП;
- складна природа відмов гідроприводу КП внаслідок неоднозначності діагностичних параметрів.

В основу відомих методів і засобів діагностування гідроприводів покладена оцінка структурних і діагностичних параметрів стану [5, 6, 7].

Так, при діагностуванні гідросистем по зміні об'ємного ККД і гідравлічній потужності, наприклад, дорожно-будівельних машин [8] (рис. 1) реєструються:



частота обертання приводного валу(датчик 9); об'єм і тиск рідини, що поступає в напірний трубопровід для гідронасосів, гідродвигунів і гідроциліндрів (датчики 3 і 4); витрата і тиск рідини, що поступає і витікає з гідророзподільників і швидкостей переміщення штока гідроциліндра (датчик 7). Гідравлічна потужність контролюється блоком множення 2. Контроль зміни тиску рідини в усіх гідроагрегатах гідросистеми дозволяє визначити несправність.

Іншим напрямом в діагностуванні гідроприводів є оцінка стану робочої рідини, контрольованої або шляхом спектрального аналізу [9], або шляхом гранулометричного аналізу забрудненості робочої рідини [10]. Недоліком цих способів є складність локалізації джерела інтенсивного зносу при виготовленні деталей, що труться, з одного металу. Ці способи знаходять застосування при оцінці загального технічного стану гідроприводу.

При оцінці технічного стану гідромашин застосовуються також термодинамічні методи діагностування [3], обґрунтовані на законі збереження і перетворення енергії. При такому методі діагностування реєструється різниця температур робочої рідини в перепускному каналі і у всмоктуючій магістралі з одночасною реєстрацією тиску на вході і виході насоса (рис. 2).

При контролі технічного стану гідроприводу КП із застосуванням приладу КИ- 6285 (рис. 3) контролюються в основному об'ємне подання насоса і регулювання гідроклапана переливання. При цьому основні функціональні параметри гідроприводу (стабільність перехідного процесу, порушення тривалості перекриття або розрив потоку потужності при перемиканні передач) не контролюється.

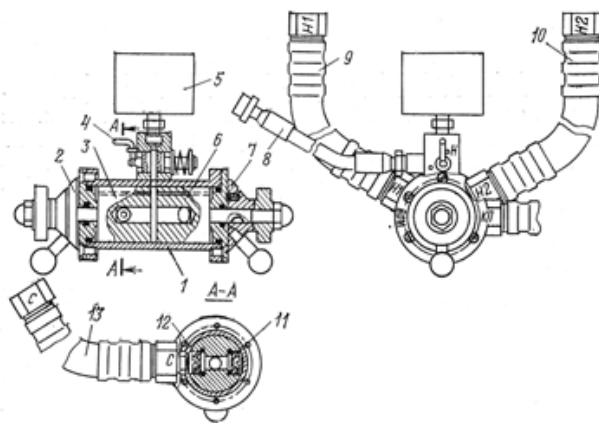


Рис. 3 – Прилад КИ- 6285 для контролю агрегатів гідросистем трансмісії тракторів виробництва ХТЗ :

1 - корпус; 2, 7 - правий і лівий лімби; 3 - ліва пробка; 4 - ручка крану манометра; 5 - манометр; 6 - права пробка; 8 - гнучкий рукав манометра; 9 - напірний гнучкий рукав приладу; 10 - напірний гнучкий рукав; 11, 12 - шайби-дроселі; 13 - зливний рукав приладу

Таким чином, аналіз методів і засобів діагностування гусеничних машин показав, що відомі методи і засоби діагностування не дозволяють в повному об'ємі оцінити технічний стан гідроприводів КП з перемиканням без розриву потоку потужності.

**Метою статті** є обґрунтування можливості оцінювати та виконувати контроль працездатності гідроприводу коробки передач за параметрами перехідного процесу по двом показникам, а саме часом перехідного процесу та тривалістю перекриття передач.

**Виклад основного матеріалу.** На гусеничних машинах широко застосовуються різні за своїм функціональним призначенням гідроприводи. Найбільш складним гідроприводом є привід КП з розподілом потужності по бортах (рис. 4).

Робота гідросистеми КП полягає в наступному: насос 2 всмоктує робочу рідину з гідравлічного резервуару 6 через забірний фільтр 3 і подає через фільтр 4 тонкого очищення до перепускного клапану 27 і до клапанів скидання тиску 5, 18 лівого і правого борту. Якщо на ці клапани не діють органи керування, то масло вільно підходить до правого і лівого розподільника 12, 13 перемикання передач. Після заповнення бестерів гідропідтискних муфт правого і лівого бортів робоча рідина через перепускний клапан скидається в картер КП.

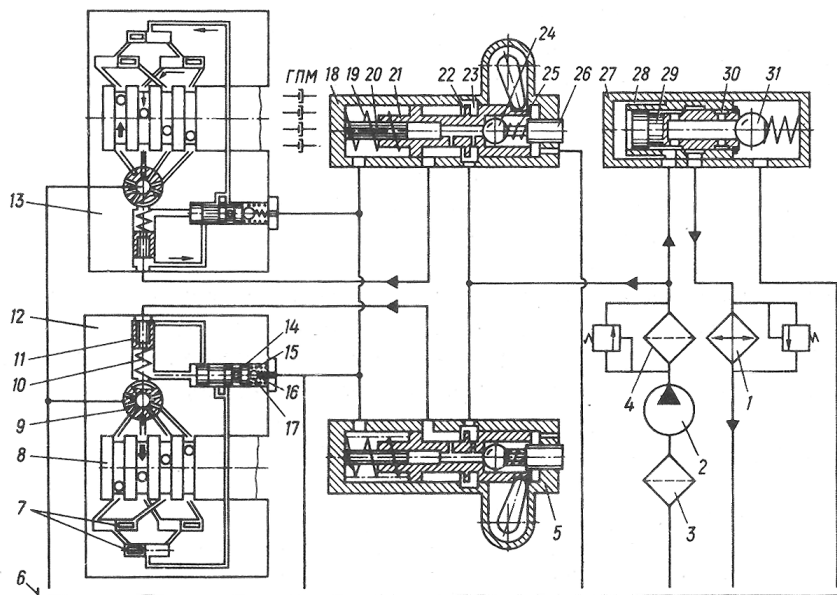


Рис. 4. Схема безакумуляторного гідроприводу КП гусеничної машини типу ХТЗ-180:

1 - радіатор; 2 - масляний насос; 3 - огорожний фільтр; 4 - фільтр тонкого очищення; 5, 18 - клапан плавного скидання тиску; 6 - гідравлічний резервуар; 7 - перекидні клапани; 8 - вторинний вал коробки передач; 9 - маслорозподільний золотник; 10 - пружина дільника потоку; 11 - дільник потоку; 12, 13 - розподільники перемикання передач; 14 - золотник відсічки; 15 - пружина золотника відсічення; 16, 25 - пружини кулькового клапана; 17, 24 - кулькові клапани; 19 - повертаюча пружина; 20 - штифт-бустер; 21 - золотник; 22 - регулюючий проміжок; 23 - проточка відведення масла; 26 - регулюючий гвинт; 27 - перепускний клапан; 28 - проточка відведення масла від торця золотника; 29 - золотник; 30 - проточка; 31 - кульовий запираючий клапан

На сталих режимах включення передач до розподільників подається незначна кількість робочої рідини ( $P_p \approx 0,11$  МПа), необхідної лише для компенсації витоків. Внаслідок цього на дроселі дільника потоку 11 перепад тиску відсутній і клапан знаходиться у верхньому положенні, перекриваючи

канал підживлення. Одночасно золотник відсічки 14 під дією тиску на вході до золотників розподільників 12, 13 зміщений вправо і додатково перекриває канал підживлення. Золотники розподільників 12, 13 направляють рідину по каналам вторинних валів 8, через які рідина надходить до бустерів гідропідтискних муфт і до перекидних клапанів 7.

У момент перемикання передачі потік рідини до розподільників 12, 13 різко зростає. При цьому зростає і перепад тиску на дроселі ділянки потоку, що призводить до його зсуву. Одночасно за дроселем тиск падає, внаслідок чого золотник відсічення зміщується. При цьому канал підживлення стає проточним на обох ділянках. У цьому випадку рідина від насоса ділиться на два потоку: основна частина подається на вмикання передач через дросельний отвір ділянки потоку, інша частина - в канал підживлення, який через перекидні клапани 7 з'єднаний з включеною передачею, де підтримується тиск  $P_p=0,5...0,55$  МПа. Так продовжується до моменту заповнення рідиною бустера включеної передачі. По закінченні заповнення потік рідини через ділянку потоку 11 зменшується, що призводить до зростання тиску перед золотником відсічки 14. Внаслідок цього ділянку потоку під дією пружини зміщується донизу, а золотник відсічки - вправо, перекриваючи канал підживлення. Останнім переміщується перекидний клапан, від'єднуючи вимикаєму передачу від насоса.

Процес зміни тиску рідини у гідроциліндрах, що вмикається  $P_2$  і вимикається  $P_1$ , характеризується кривими, зображеними на рис. 5, де зона I характеризує сталий режим роботи гідросистеми, зона II - процес заповнення бустера включеної передачі, зона III - наростання тиску у включеної передачі.

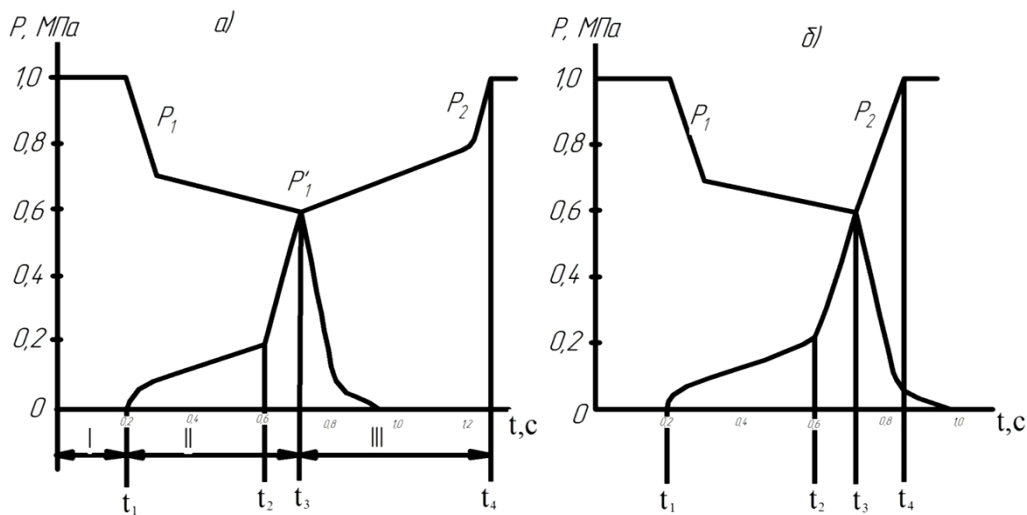


Рис. 5. Осцилограми перехідного процесу при перемиканні передач:

а) КП з гідроаккумуляторами; б) безаккумуляторний варіант КП

Процес перемикання починається в момент часу  $t=t_1$  установкою золотника гідророзподільника перемикання передач в положення включення гідроциліндрів обраної передачі. Це призводить до зростання тиску  $P_2$  до значення  $0,25...0,3$  МПа. В момент часу від  $t_1$  до  $t_2$  тиск  $P_2$  збільшується менш

інтенсивно, що відповідає процесу подолання зусилля зворотних пружин в гідроциліндрах, а також сил тертя поршня об стінки циліндру й маточину. При  $t=t_2$  заповнення гідроциліндрів закінчується і тиск  $P_2$  зростає до значення  $0,4 \dots 0,6$  МПа, що відповідає точці  $P'_1$ .

Одночасно відключення гідроциліндрів обраної передачі від насоса призводить (при  $t=t_1$ ) до зниження тиску від  $1,0$  до  $0,7$  МПа під дією зусилля пружин гідропідтискних муфт, а також величини гідравлічного опору дроселів гідророзподільників 12, 13. Подальше плавне зниження тиску обумовлено відкриттям каналу підживлення і подачі масла через дільник потоку 11 до обраної передачі. При  $t=t_3$  тиск  $P_2$  зрівнюється з  $P_1$  і відбувається перекриття каналу підживлення дільником потоку 11 і золотником відсічки 14, що призводить до відключення гідроциліндрів від насоса. Тиск  $P_1$  наростає до номінального значення, підтримуваного перепускним клапаном 27 в межах  $1,0 \pm 0,5$  МПа.

Відмінність перехідного процесу в безакумуляторній гідравлічній системі не дозволяє проводити діагностування за граничним тиском розрядки гідроакумулятора відповідному точці  $P'_1$  (див. рис. 5). Діагностування даної системи можна проводити, контролюючи час  $t=t_3$ .

Визначення впливу технічного стану окремих гідроагрегатів гідроприводу КП на якість перехідного процесу проводилося на експериментальній установці, яка забезпечувала вільний доступ до гідроагрегатів і повністю відтворювала функціональні та конструктивні параметри гідроприводу КП гусеничної машини [1].

Наведені осцилограми перехідного процесу при перемиканні передач в гідроприводах КП з гідроакумулятором і без нього підтверджують можливість проведення оцінки технічного стану гідроприводу КП в цілому, а також його гідроагрегатів за зміною параметрів перехідного процесу без демонтажу з мінімальними затратами.

Висновки. Таким чином обґрунтовані можливості оцінювати та виконувати контроль працездатності гідроприводу коробки передач за параметрами перехідного процесу по двом показникам, а саме часом перехідного процесу та тривалістю перекриття передач, що дозволяє без демонтажу гідроагрегатів з мінімальними витратами оцінити їх технічний стан.

## Список використаних джерел

1. Тодоров, П.П. Перспективные разработки базовых моделей тракторов ХТЗ для сельскохозяйственного производства Украины [Текст]/ Тодоров П.П., Гудзь С.П., Абдула С.Л. // Тракторная энергетика в растениеводстве. Сб. научн. тр. ХГТУСХ. – Харьков, 1998. – С. 4-11.
2. Ксенович, И.П. Проектирование универсально-пропашных тракторов. [Текст]/ Ксенович И.П., Солонский Н.С., Войчинский С.М. – Мн.: Наука и техника, 1980. – 320 с.
3. Башта, Т.М. Машиностроительная гидравлика [Текст]/ Башта Т.М. Справочное пособие. – М.: Машиностроение, 1971. – 671 с.

4. Садовский, Б.Д. Динамика гидропривода [Текст]/ Б.Д. Садовский, В.Н. Прокофьев, В.К. Кутузов и др. / Под ред. В.Н. Прокофьева. – М.: Машиностроение, 1972. – 288 с.
5. Топилин, Г.Е. Оценка приспособленности тракторов к техническому обслуживанию по совокупности признаков [Текст]/ Топилин Г.Е. / Тракторы и сельхозмашины. – 1979. – №6. – С. 7-10.
6. Михлин, В.М. Эксплуатационная технологичность конструкций тракторов [Текст]/ В.М. Михлин, К.И. Диков, В.М. Стариков и др. / Под. общ. ред. Н.Ф. Чухчина и В.М. Старикова. – М.: Машиностроение, 1982. – 256 с.
7. Михлин, В.М. Прогнозирование технического состояния машин. [Текст]/ Михлин В.М. – М.: Колос, 1976. – 288 с.
8. Петров, И.В. Обслуживание гидравлических и пневматических приводов дорожно-строительных машин [Текст]/ Петров И.В. – М.: Транспорт, 1985. – 168 с.
9. Лозицкий, Л.П. Практическая диагностика авиационных газотурбинных двигателей [Текст]/ Л.П. Лозицкий, В.П. Степаненко, В.А. Студенкин и др. / Под ред. В.П. Степаненко. – М.: Транспорт, 1985. – 102 с.
10. Кузнецова, Т.В. Диагностирование состояния гидромашин в течении приработки по загрязненности [Текст]/ Кузнецова Т.В. Изв. ВУЗов. – М.: Машиностроение, 1983. – №8. – С.81-84.
11. Тракторы зарубежных фирм на международной выставке "Сельхозтехника –78" [Текст]/ – М.: ЦНИИТЭИтракторосельхозмаш, 1979. – Вып.2. – 54 с.

## **Abstract**

### **DETERMINATION OF THE TECHNICAL STATE AND CAPACITY HYDRAULIC OCCASION OF GEAR-BOX OF CATERPILLAR MACHINES**

Shyshlyapin S., Dundik S.

*For example, tracked vehicles for agricultural purposes Todd invited me efficiency hydraulic control gearbox with changing parameters of the transition process, which allows without dismantling the hydraulic units evaluate their technical condition.*

## **Аннотация**

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И РАБОТОСПОСОБНОСТИ ГИДРОПРИВОДУ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ ГУСЕНИЧНЫХ МАШИН**

Шушляпин С.В., Дюндик С.М.

*На примере гусеничной машины сельскохозяйственного назначения предложено метод контроля работоспособности гидропривода коробки передач с изменением параметров переходного процесса, который позволяет без демонтажа гидроагрегатов оценить их техническое состояние.*

## ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ В СИСТЕМАХ ВІДСТЕЖЕННЯ КРАЮ СМУГИ РУХУ АВТОТРАНСПОРТУ

Мазанов В.Г., к.т.н., доц., Бойков І.В., к.т.н., доц., Дюндик С.М., к.т.н., доц.  
Національна академія Національної гвардії України

Шушляпін С.В., к.т.н. доц.

Харківський національний технічний університет сільського господарства

Запропоновано варіант використання технології доповненої реальності в системах відстеження краю смуги руху шляхом підключення функціональних можливостей окулярів HOLOLENS.

**Постановка проблеми.** По даним всесвітньої організації охорони здоров'я в доповіді: « Про стан безпеки дорожнього руху у світі» у середньому за рік в Україні в ДТП гине 18 чоловік на 100 тисяч населення [1]. При цьому виїзд на зустрічну смугу й невідповідність швидкості іншим умовам становить 6 й 23 відсотка відповідно (рис.1).

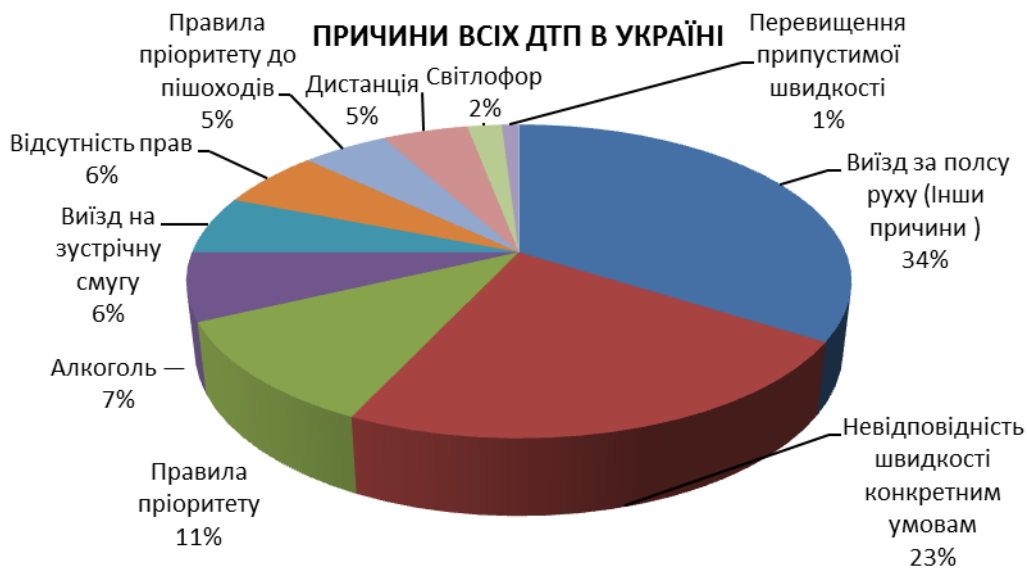


Рис. 1 – Причини всіх ДТП в Україні

Тому рішення проблем зниження аварійності автотранспорту за рахунок помилок водія є актуальною.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Одним з перспективних напрямків рішення даної проблеми є розробка систем допомоги водієві автотранспортних засобів по контролі відстеження краю смуги руху [2].

Відповідно до наведеного в [2] класифікації в основному дані системи діляться на два класи: пасивні й активні системи контролю смуги руху.

Функції систем першого типу полягають у тім, щоб попередити водія про те, що він покинув смугу руху. Такими сигналами попередження звичайно є:

- світлова індикація в кабіні;
- звуковий сигнал;
- тремтіння керма;
- вібрація сидіння водія.

При надходженні такого одного або декількох сигналів, водій повинен прийняти рішення про зміну траєкторії руху й самостійно управляти всіма механізмами автомобіля (кермо, гальма й т.д.).

Другий тип систем контролю покидання смуги руху - активні системи. У цьому випадку ухвалення рішення й здійснення адекватної дії система бере на себе. Залежно від складності системи вона може:

- передавати керуючий вплив безпосередньо на кермо;
- віддавати керуючий сигнал на гальмову систему;
- аналізувати стан всіх систем (круїз контроль, антиблокувальну систему гальм, систему розподілу гальмових зусиль і т.д.)

Як правило, другий тип систем контролю краю смуги руху, більше сучасний і більше дорогий. Якщо перший тип систем коштує від 600 до 817 євро, то в другий тип системи обійдеться від 1500 до 8500 євро [2].

Основною неодмінною умовою роботи систем контролю смуги руху є обов'язкова наявність розмітки дорожнього полотна. Апаратне устаткування систем містить у собі відеокамери спостереження, інфрачервоні датчики, мікроконтролери розрахунку й передачі керуючого сигналу на кермо й гальмо. Відеокамери можуть розташовуватися як усередині кабіни (як правило, поруч із дзеркалом заднього виду) так і на передньому бампері автомобіля разом з інфрачервоними або лазерними датчиками.

Іноді дані системи поєднують із системою адаптивного круїз контролю, як наприклад, у компанії Volkswagen система Temporary Auto Pilot (тимчасовий автопілот) структурна схема якої показана на рис. 2 [3].

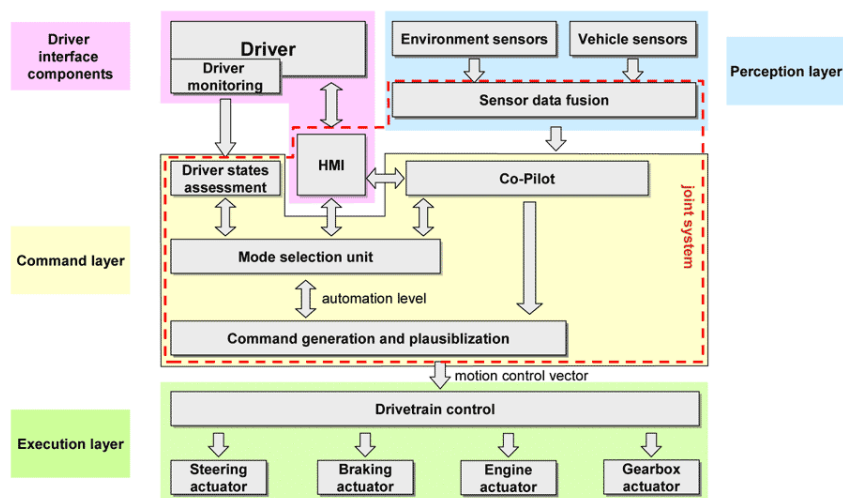


Рис. 2 – Структурна схема системи Temporary Auto Pilot (тимчасовий автопілот)

В останньому випадку система контролює не тільки відхід зі смуги руху,

але розраховує дистанцію між автомобілями й може розпізнавати деякі дорожні знаки.

У цей час у багатьох сферах діяльності, у тому числі й в автомобільний транспорт, активно впроваджуються технології доповненої реальності (англ. augmented reality, AR - «розширена реальність»). Якщо один з основних розроблювачів компанія Google призупинила свій проект із окулярами Google Glass, то постійний її конкурент компанія Microsoft активно просуває технологію доповненої реальності в пристрої за назвою HOLOLENS (рис.3) [4]. У роботі [5] показаний принцип використання AR технології для діагностики автомобіля за допомогою мобільних пристроїв.

Фахівці української компанії LimpidArmor вмонтували окуляри доповненої реальності HoloLens від Microsoft у каску й з'єднали конструкцію з камерами, установленими на броні танка. Це дозволить танкістові, що надягає таку каску, у реальному часі бачити 360<sup>0</sup> панораму того, що відбувається зовні. Зображення на HoloLens буде подаватися не тільки зі звичайних, але й термальних камер.

**Метою статті** є розробка пропозицій по використанню окулярів доповненої реальності в системах відстеження краю смуги руху.

**Виклад основного матеріалу.** Не дивлячись на широке застосування даного продукту в рекламних й освітніх цілях, також доцільно, ефективно використовувати цю технологію і як систему контролю смуги руху автомобіля. Зовнішній вигляд й основні елементи даного пристрою показані на рис. 3.



Рис. 3 – Основні елементи окулярів HOLOLENS:

1 - камера; 2- комп'ютер на базі ОС Windows; 3- система лінз; 4 - система вентиляції

Перевага даної системи перед наявними аналогами полягає, насамперед, у її автономності. Адже, по суті, водій може надягти даний пристрій як окуляри й одержати додаткові відомості до тієї реальної обстановки, що він спостерігає на дорозі. Бездротовий інтерфейс і невелика вага (орієнтовно 500 грам) дозволяє зберігати волю рухів, а при необхідності одержувати додаткову інформацію з інших систем автомобіля (датчика швидкості, круїз контролю, інфрачервоних і лазерних датчиків і ін.). По суті, маючи даний пристрій можна вирішувати широкий спектр завдань так називаного «кола безпеки» при керуванні автомобілем. Все залежить від програмного забезпечення для рішення тих або інших завдань.



Так, наприклад, для рішення завдання контролю відходу зі смуги руху автомобіля можна передбачити режим спостереження, як з розміткою дорожнього полотна, так і без нього (дана функція особливо актуальна на другорядних дорогах або коли розмітка погано помітна). Дана система оснащена камерою із глибиною огляду по вертикалі й горизонталі до 120°. За допомогою трьох процесорів зображення проектується на сітківці ока, показуючи необхідну інформацію в просторі у вигляді голограми.

Наявність динаміка дозволяє транслювати сигнал небезпеки як у пасивних системах контролю смуги руху в безпосередній близькості від вуха водія. Присутність мікрофона дозволяє управляти пристроєм за допомогою голосу, що також розширює свободу дій водія, хоча при бажанні можна управляти руками й жестами.

Ще однією корисною функцією HoloLens є відстеження погляду водія. Відповідно якщо водій починає засипати й відводити свій погляд від розмітки, то датчики зможуть відразу формувати звуковий сигнал, а при необхідності передавати команду на гальмову систему через цифровий інтерфейс для екстреного гальмування, що також підвищує рівень безпеки. Крім того для підвищення розрізнення краю дорожнього полотна можна об'єднати даний пристрій з адаптивною системою висвітлення в темний час доби.

**Висновки.** У даній статті основна увага приділена використанню технології доповненої реальності HoloLens для рішення завдання контролю відходу транспортного засобу за край смуги дорожнього полотна. Однак можливості даної системи настільки великі, що ціна в 3 тисячі доларів не буде здаватися позахмарною. Адже наявність мобільного інтернету дозволить, маючи даний пристрій одержати будь-яку інформацію, включаючи пораду або консультацію з ремонту від фахівця, що буде «дивитися вашими очима» на конкретний несправний вузол у режимі реального часу. Відпадає необхідність установки додаткового устаткування у вигляді камер і датчиків. Відкритий програмний код для розробників дозволяє нарощувати функціональні можливості даного пристрою, роблячи його суто універсальним інструментом, свого роду «швейцарським ножом» для водія. Звичайно, поки ще не дуже великий час автономної роботи до 3 годин без підзарядки, недосконалий процесор і ціна пристрою стримують вихід його на широкий ринок, але зі збільшенням серійного виробництва ці характеристики будуть поліпшуватися, до того ж розробки програмного забезпечення і його адаптація вже є в Україні та презентовані компанією LimpidArmor.

## Список використаних джерел

1. Доповідь всесвітньої організації охорони здоров'я: про стан безпеки дорожнього руху у світі // [Електронний ресурс] / Режим доступу: [http://www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/road\\_safety\\_status/2013/report/ru/](http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2013/report/ru/)
2. Автомобільний журнал. «AUTO BILD Беларусь» // [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://autosalon.by/index.php?id=2106>

3. Сторінка сайту Geektimes // [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://geektimes.ru/post/122536/>
4. Сторінка сайту Hi-News.ru. MICROSOFT HOLOLENS: КОЛИ РЕАЛЬНІСТЬ СТАЄ ШИРШЕ. // [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://hi-news.ru/computers/microsoft-hololens-kogda-realnost-stanovitsya-shire.htm>.
5. Мазанов В.Г. Романюк В.А. Тишкевич Ю.Ю. Використання технологій доповненої реальності для навчання й діагностики автомобільної техніки. Збірник наукових праць. - Х.: Акад. ВВ МВС України, 2014. - №1 -с.33-37.

#### **Аннотация**

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ В СИСТЕМАХ ОТСЛЕЖИВАНИЯ КРАЯ ПОЛОСЫ ДВИЖЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТА**

Мазанов В.Г., Бойков И.В., Дюндик С.М., Шушляпин С.В.

*Предложен вариант использования технологии дополненной реальности в системах отслеживания края полосы движения путём подключения функциональных возможностей очков HOLOLENS.*

#### **Abstract**

### **THE USE OF AUGMENTED REALITY TECHNOLOGY IN TRACKING THE EDGE OF THE STRIP TRAFFIC**

V. Mazanov, I. Bojkov, S. Dundik, S. Chuchlyapin

*With the use of technology of augmented reality systems monitor the lane edge by connecting functionality glasses HOLOLENS.*

## АНАЛІЗ МЕТОДОЛОГІЇ ВИТОВЛЕННЯ ДРЕВЕСНИХ ГРАНУЛ ПРЕСУВАННЯМ

Єсіпов О.В., к.т.н., доц, Поляшенко С.О., к.т.н., доц,  
Чорноморець М.С., студ.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка*

*Метою дослідження було підвищення техніко-економічних та екологічних показників роботи тепло-механічного обладнання і аналіз математичної моделі виробництва гранул з плоскою матрицею.*

**Вступ.** Найбільш поширеним методом формування при виготовленні деревних гранул є пресування продавлювання сировини через канали матриці циліндричними роликками. Ефективність даного методу залежить від фізико-механічних властивостей вихідного деревної сировини, технологічних режимів і умов протікання процесу гранулювання. При цьому немає достатньо обґрунтованої інформації і технічної літератури з компонування, рекомендованому устаткування та технологічних процесів заводів, які виробляють деревні гранули. У науково-технічній літературі та нормативно-технічній документації відсутні дані за оптимальними технологічними умовами і режимам формування гранул методом пресування, що забезпечує стабільно високі теплотехнічні та міцностних характеристик готового продукту.

Робота теплогенераторів та іншого обладнання, що входять в технологічну схему пілетного заводу, супроводжується втратами тепла від зовнішніх огорожень в навколишнє середовище. При виконанні теплових розрахунків теплогенеруючих установок вдаються до нормативних методів 1973 і 1998 року видавництва [1, 2]. При цьому в області вітчизняного та імпорного енергомашинобудування, з того часу, відбулися великі зміни: з'явилися нові види топкових пристроїв, футеровок і обмуровок, систем подачі палива, складні багаторівневі системи автоматизації процесів, що реалізують різні способи спалювання, тому актуальним є питання розробки уточненої методики розрахунку втрат тепла в навколишнє середовище.

**Мета.** Метою дослідження було підвищення техніко-економічних та екологічних показників роботи тепло-механічного обладнання і аналіз математичної моделі виробництва гранул з плоскою матрицею. Багато країн протягом останніх років створюють платформу для альтернативних і поновлюваних джерел енергії, завдяки якій успішно скорочують частку невідновлюваних палив в енергетичному балансі Європейського Союзу.

Одним з поширених активно використовуваних поновлюваних видів енергоресурсів є деревні паливні гранули (пілети). Щорічне споживання паливних гранул багато вище власних виробничих потужностей ЄС [3].

Виробництво пресованого біопалива дозволяє утилізувати різні види відходів, отримати екологічно чисте висококалорійне паливо, забезпечити основному виробництву статус маловідхідного і екологічно «чистого», знизити витрати на перевезення і зберігання палива в порівнянні з деревними відходами (кусковими і м'якими) або дровами, підвищити культуру виробництва і отримати додатковий прибуток від реалізації біопалива, забезпечити умови для створення і безперебійного функціонування об'єктів малої енергетики, що працюють на місцевих видах палива, створювати нові робочі місця.

**Основна частина.** Питаннями, пов'язаними з виготовленням облагороджених палив, займалися російські та іноземні вчені [7-17]. Теорія пружності і пластичності детально вивчена і викладена в науково-технічній літературі [5-30]. У роботі Булатова І.А. «Розробка процесу пресового гранулювання дрібнодисперсних середовищ на прикладі мінеральних порошків і деревних відходів» [12, 13] наводиться залежність розподілу тиску по довжині фільтри матриці, яка має експонентний характер від відносної довжини циліндричного каналу матриці. В основу даної математичної моделі були покладені умови рівноваги виділеного елемента деревної гранули в каналі матриці під дією сил тертя і тиску. Автор також пропонує використовувати канали матриці з клиноподібної областю всередині матриць для зменшення перетину прохідного каналу, за рахунок яких через додаткових пластичних деформацій буде збільшуватися питома щільність гранул. Багато іноземних автори так само дотримуються математичної моделі з експоненціальним розподілом тиску [7-17].

Пропонована в статті «Theoretical analysis of the dominant construction-technological parameters of the lumber scrap pelleting systems from the aspect of the optimal main function of the system» [17] математична модель пресування, що дозволяє визначити тиск на один канал матриці, абсолютно не враховує фізичні властивості сировини, а на його величину впливають тільки конструктивні характеристики пресуючих механізмів.

У роботі датських вчених «Fuel pellets from biomass: The importance of the pelletizing pressure and its dependency on the processing conditions» [16] наводиться точно протилежний висновок «pelletizing pressure increased with decreasing particle size». Тому важливо перевірити істинність цих висловлювань і дійти спільних знаменників в виникають питаннях щодо ступеня впливу основних параметрів на тиск і процес пресування в цілому.

У роботі «Modeling the effect of extrusion parameters on density of biomass pellet using artificial neural network» [15] проведено оцінку впливу вологості, швидкості руху пуансона, розміру часток і довжини фільтри на щільність одержуваних гранул.

В даний час для опису процесу гранулювання дрібнодисперсного деревної сировини вдаються до математичної моделі пресування металевих порошків в замкнутих фільтрах. До деревної гранулі прикладається тиск пресування  $p_{пр}$ , щоб рухати її з постійною швидкістю через матричний канал (фільтру) діаметром  $D$  і довжиною  $L$  (рис. 1).

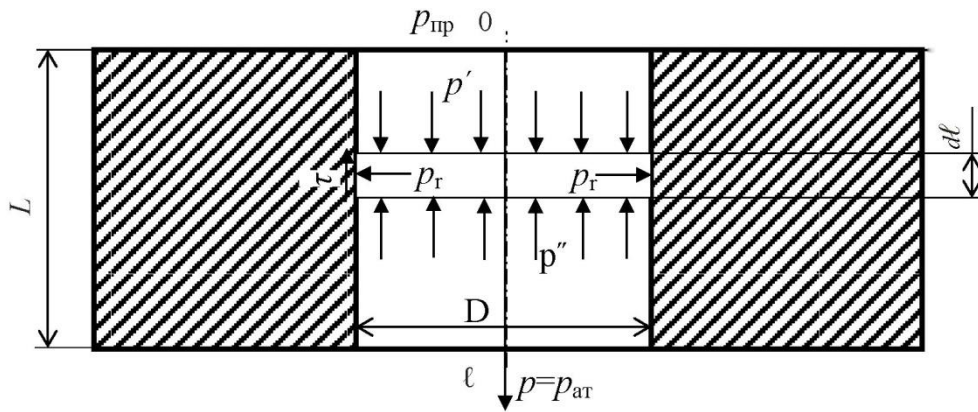


Рис. 1 - Розрахункова схема за визначенням яка викидає сили для гранульованого палива

Для того, щоб гранула рухалася з постійною швидкістю, необхідно, щоб сума всіх діючих на неї сил дорівнювала нулю:  $\sum F_i = 0$

Так як отвір матриці являє собою циліндр, використана циліндрична система координат. У цьому випадку зміна параметрів гранули уздовж осі  $\theta$  в силу симетрії дорівнюватиме нулю, тобто  $\frac{\partial}{\partial \theta} = 0$ . Уздовж осі циліндра розташована вісь  $l$  і нормальна до неї вісь  $r$ .

На верхню торцеву поверхню нескінченно малого циліндричного елемента гранули діаметром  $D$  і товщиною  $dl$  (рисунок 1) діє тиск  $p'$ , а на нижню торцеву поверхню –  $p''$ . На бічну циліндричну поверхню виділеного елемента діє дотичне напруження тертя  $\tau$  і нормальний тиск  $p_r$ . Умова рівноваги виділеного елемента записується в наступному вигляді:

$$\frac{\pi D^2 (p' - p'')}{4} - \pi D r dl = 0 \quad (1.2.1)$$

Після нескладних перетворень рівняння приводиться до вигляду:

$$-dp = \frac{4r dl}{D} \quad (1.2.2)$$

У першому наближенні прийнято, що місцеві дотичні напруження  $\tau$  прямо пропорційні місцевим нормальному тиску  $p_r$ :

Замінивши пропорційність, фізичні характеристики матеріалу поверхонь тертя фільтри і гранули на  $k$ , вираз (1.2.3) набуде вигляду: (1.2.4)

$$\tau = k p_r \quad (1.2.4)$$

При надходженні вихідної сировини на вхід в фільтру матриці під впливом сили тиску пресувального ролика відбувається ущільнення вихідної сировини і пластична деформація ущільненої маси в циліндр, тобто формування циліндричної гранули закінчується на вході в фільтру. У цьому випадку розвивається Пресовий ролик тиск на вході в фільтру буде максимальним, яке потім знижується у міру просування спресованої маси по фільт'ері. Так як осьовий тиск по довжині фільтри знижується, то додаткових пластичних деформацій не

відбувається, а сама гранула в міру просування по філь'єрі буде перебувати в пружно-напруженому стані. Вибір в якості розрахункової моделі циліндричного елемента гранули зовнішнім діаметром  $D$  і нескінченно малої довжини  $dl$  призводить до того, що перепад тиску по довжині цього елемента буде малим, пружні деформації будуть малі, внаслідок чого пружне стан цього елемента буде підкорятися закону Гука.

Виходячи із зазначених вище умов, радіальне тиск  $p_r$  може бути визначено через осьовий тиск  $p$  по залежності:

$$p_r = \nu p \quad (1.2.5)$$

де  $\nu$  - коефіцієнт Пуассона.

З урахуванням (1.2.4) і (1.2.5) вираз (1.2.2) приймає вид:

$$dp = \frac{-4k\nu p}{D} dl \quad (1.2.6)$$

Після поділу змінних і інтегрування (1.2.6) набуває вигляду:

$$p = C \cdot \exp\left(\frac{-4k\nu l}{D}\right) \quad (1.2.7)$$

де  $C$  - константа інтегрування

Для визначення константи інтегрування  $C$  вибрано гранична умова: при  $l = L$  тиск на торцеву поверхню  $p = p_{ат}$ .

Після підстановки граничних умов в рівняння (1.2.7):

$$C = p_{ат} \exp\left(\frac{4k\nu L}{D}\right) \quad (1.2.8)$$

Рівняння розподілу тиску по довжині гранули в каналі матриці набуває вигляду:

$$p = p_{ат} \exp\left(\frac{4k\nu(L-l)}{D}\right) \quad (1.2.9)$$

Вважаючи  $l = 0$ , отримано вираз для визначення величини тиску для проштовхування спресованої гранули:

$$p_{np} = p_{ат} \cdot \exp\left(\frac{4k\nu l}{D}\right) \quad (1.2.10)$$

Як слідує із залежності (1.2.9), розподіл тиску в деревній гранулі по довжині каналу матриці носить експоненційний характер (рисунок 2).

Для перевірки відповідності отриманої математичної моделі дійсним фізичним процесам у прес-гранулі бил виконаний ряд експериментальних дослідів з визначення тиску проштовхування спресованої деревної гранули діаметром 8мм з одиночної фільєри матриці довжиною 50 мм. На малюнку 3 представлені результати експериментальних досліджень для деревної гранули з

соснових опилок різного вологовміщення початкової сировини і гранулометричним складом до 1 мм [4].

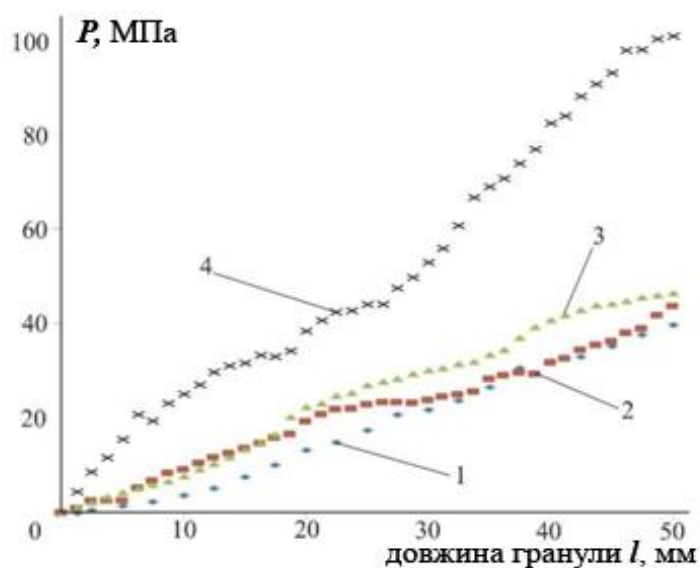


Рис. 2 - Теоретична залежність тиску проштовхування від довжини гранули

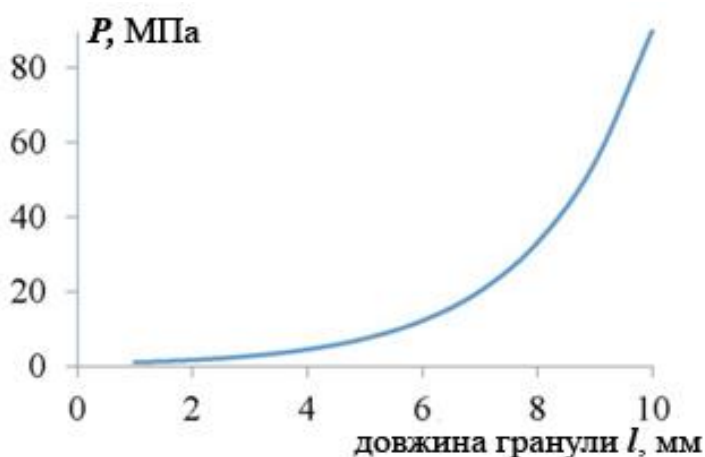


Рис. 3 - Зміна тиску проштовхування гранули в залежності від довжини гранули і вмісту вологи дрібнодисперсного деревної сировини:

1 - 6,1%; 2 - 10,9%; 3 - 15%; 4 - 20%

З рисунку 3 видно, що залежність тиску проштовхування від довжини спресованої гранули  $p = f(l)$  носить квазілінійний характер, що явно суперечить залежності (1.2.10). Якщо проаналізувати сам висновок залежності (1.2.10), то видно, що величина тиску виштовхування гранули дуже сильно залежить від протитиску на виході з фільтри. Це справедливо при пресуванні гранул з порошкових матеріалів в замкнених каналах або фільтрах. У прес-грануляторі вихідний отвір каналу матриці має вільний вихід в атмосферу, і тиск тут дорівнює атмосферному. Якщо умовно помістити його в газощільну камеру і почати вакуумувати, то постійна інтегрування  $C$ , відповідно до рівняння (1.2.8), почне знижуватися і прагнути до нуля. У цьому випадку відповідно до рівняння

(1.2.10) тиск пресування також буде прагнути до нуля, тобто  $p_{np} \rightarrow 0$ , що суперечить фізиці процесу гранулювання.

**Висновок.** На підставі вище сказаного можна стверджувати, що використовувана в даний час математична модель процесу пресування пілет в грануляторах не відображає реальної фізики процесу гранулювання. Необхідним є розробка математичної моделі пресування деревних гранул, заснованої на положеннях теорії пружності і пластичності, підтвердженої результатами реальних експериментів. Що може бути основою для розробки і конструювання пресуючи механізмів, призначених для отримання гранульованого палива з сировини з різними фізико-механічними властивостями.

### Список використаних джерел

1. Б.Х. Драганов, О.Ф. Буляндра, А.В. Міщенко. Теплоенергетичні установки і системи в сільському господарстві. Київ. Урожай 1995. 222с.
2. Тепловой расчет котлов (Нормативный метод). Издание 3-е, перераб. и доп. - СПб: НПО ЦКТИ, 1998. - 256 с.
3. Bob Flach, Karin Bendz, Roswitha Krautgartner and Sabine Lieberz. EU Biofuels Annual 2013. The Hague.
4. Г.М. Калетнік, В.М. Пришляк. Біопалива: ефективність їх виробництва та споживання в АПК України. Вінниця 2008. 190с.
5. Назаров, В.И. Исследование процесса гранулирования дисперсных отходов на роторных прессах с плоской матрицей/ В.И.Назаров, Д.А.Макаренков, И.А.Булатов. // Вестник МИТХТ. - 2010. - т.5, №6. - С. 13-16.
6. Гомонай, М.В. Производство топливных брикетов. Древесное сырье, оборудование, технологии, режимы работы/ М.В. Гомонай// - М.: ГОУ ВПОМГУЛ, 2006. - 68 с.
7. Niels Peter K. Nielsen, Douglas J. Gardner, Torben Poulsen, Claus Felby. Importance of temperature, moisture content, and species for the conversion process of wood residues into fuel pellets. Wood and Fiber Science, 41(4), 2009, pp. 414-425.
8. Holm J K, Henriksen U B, Johan E. Hustad J E, et al. Toward an understanding of controlling parameters in softwood and hardwood pellets production [J]. Energy and Fuels, 2006, 20(6): 2686-2694.
9. Krizan P., Soos L., Vukelic Dj. Counter pressure effecting on compacted briquette in pressing chamber. Journal of Production Engineering. Vol.12, No.1, 2010, pp.63-66.
10. Holm J K, Henriksen U B , Kim Wand K, et al. Hustad and dor the posselt. Experimental verification of novel pellet model using a single pelleter unit [J]. Energy and Fuels, 2007, 21(42): 2446-2449.
11. Mehrdad A, Rolf G, Paul G. The influence of raw material characteristics on the industrial pelletizing process and pellet quality [J]. Fuel Processing Technology, 2008, 89(12): 1442-1447.
12. Булатов И.А. Разработка процесса прессового гранулирования



- мелкодисперсных сред на примере минеральных порошков и древесных отходов. Автореферат кандидатской диссертации. 2012. - 25 с.
13. Назаров В.И., Макаренков Д.А., Булатов И.А. Исследование процесса гранулирования дисперсных отходов на роторных прессах с плоской матрицей. Теоретические основы химической технологии. Вестник МИТХТ, 2010, т.5, No.6. - с. 13-16.
  14. Wolfgang Stelte, Jens K. Holm, Anand R. Sanadi, S0ren Barsberg, Jesper Ahrenfeldt and Ulrik B. Henriksen. Fuel pellets from biomass: The importance of the pelletizing pressure and its dependency on the processing conditions. Fuel. Volume 90, Issue 11, November 2011, pp. 3285–3290.
  15. WU Kai, SHI Shuijuan, PENG Binbin, DING Wuxue, and SUN Yu. Modeling and Analysis on Production Yield and Energy Consumption of Pelleting Process. Journal of Northeast Agricultural University. Vol.17, No.1, March 2010, pp. 65-70.
  16. Krizan P., Soos L., Vukelic Dj. Counter pressure effecting on compacted briquette in pressing chamber. Journal of Production Engineering. Vol.12, No.1, 2010, pp.63-66.
  17. Abedin Zafari, Mohammad Hossein Kianmehr, Rahman Abdolazadeh. Modeling the effect of extrusion parameters on density of biomass pellet using artificial neural network. International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture (2013). ISSN: 2195-3228.

## **Аннотация**

### **АНАЛИЗ МЕТОДОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДРЕВЕСНЫХ ГРАНУЛ ПРЕССОВАНИЕМ**

Есипов А.В., Поляшенко С.А., Черноморец М.С.

*Целью исследования было повышение технико-экономических и экологических показателей работы тепло-механического оборудования и анализ математической модели производства гранул с плоской матрицей.*

## **Abstract**

### **ANALYSIS METHODOLOGY PRODUCTION OF WOOD PELLETS BY PRESS**

O. Esipov, S. Polyashenko, M. Chernomorets

*That was the aim of the study Increase techno-economic indicators of work and ekologhycheskyh heat-mechanical equipment and production analysis models matematycheskoy granules c ploskoy matrix.*

## СОЛОМА, ЯК АЛЬТЕРНАТИВНИЙ ВИД ПАЛИВА

Єсіпов О.В., к.т.н., доц., Поляшенко С.О., к.т.н., доц., Бутенко Д.Ю., студ.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка*

*У багатьох європейських країнах важливе місце в їх паливно-енергетичному балансі займає солома. Спалювання соломи, яка не використовується як корм або підстилка для тварин, в котлах спеціальної конструкції є раціональним способом отримання теплової енергії.*

**Вступ.** Солома є значним джерелом енергії, хоча також і проблематичним видом палива, що викликає корозію в котельних біогазових установках. Використання соломи з метою отримання енергії стало популярним з 1980-их років. Сьогодні близько 2 мільйонів тон соломи не використовується, і в разі вирощування нових видів культур, надлишок соломи стане ще більшим.

До недавнього часу солома вважалася проблемним відходом, який підлягав утилізації в мінімальний термін. Солома, невикористана як корм або підстилки для худоби, спалювалась прямо на полях після збирання врожаю. У 1991 році спалювати солону на полях заборонили, і з того часу фермери почали замислюватися над тим, щоб використовувати солону в енергетичних цілях.

**Мета.** Розв'язання низки проблем, які спричинені: неоднорідністю складу соломи; високим виходом летких речовин при її горінні; низькою теплоотоємністю згорання (особливо за умови високої вологості палива); наявністю хлору, який призводить до корозії трубної частини котла, а також високою зольністю соломи і низькою температурою розм'якшення золи, що призводить до шлакування колосникової решітки і забруднення трубної поверхні нагрівання.

**Основна частина.** У багатьох європейських країнах важливе місце в їх паливно-енергетичному балансі займає солома. Спалювання соломи в котлах спеціальної конструкції є раціональним способом отримання теплової енергії. У соломи як у палива є ряд переваг: солома - на CO<sub>2</sub>-нейтральний вид палива, і тому солома є екологічно чисте джерело енергії; солома є місцевим видом палива, досить поширеним в сільськогосподарських районах; солома - побічний продукт виробництва зерна, і тому є відносно дешевим видом палива, в порівнянні з традиційним паливом (газ, вугілля, мазут).

Однак з іншого боку, солону дуже не просто використовувати в якості палива як на етапах збору, транспортування і зберігання, так і на етапі безпосередньо спалювання. Це пов'язано з її неоднорідністю, відносно високою вологістю, низькою температурою золи і підвищеним вмістом хлору.

Вихід летких речовин при спалюванні соломи (близько 70%) обумовлює спеціальні вимоги до розподілу і змішуванню повітря, що надходить в зону горіння. Діапазон вологості, допустимий для спалювання соломи складає 10-25% (оптимальне значення - 5%).

В Україні, як і в більшості країн Східної Європи на сьогодні найбільш поширеним методом збору і транспортування соломи є її подрібнення і накопичення в вантажних причепах. Після цього солома зберігається у великих копицях, як правило, паркінг. Такий спосіб не зовсім підходить для зим Західної Європи, що відрізняються великою кількістю опадів і сильними вітрами. У країнах західної Європи найбільш поширеним способом обробки соломи є пресування тюків. Солома пресується в малі, циліндричні або великі тюки. При пресуванні солома може подрібнюватися, для того, щоб тюки легко познімати на частини при використанні в якості підстилки для тварин.

Солома, призначена для спалювання повинна зберігатися в сухих умовах. Тому найкраще зберігати солону під дахом, наприклад, у відносно дешевих польових сараях без бічних стін (тобто під навісами) або ж в закритих приміщеннях. При використанні навісів, навіси повинні мати великий козирок, щоб дощова вода не потрапляла на солону. Важливо забезпечити вільний доступ до соломи, для того щоб спростити процедуру зберігання та завантаження / розвантаження соломи. При переміщенні і зберіганні малих пакунків дуже зручно використовувати конвеєр. Для операцій з великими пакунками необхідний трактор з фронтальним навантажувачем. Крім того, в приміщенні повинно бути достатньо місця для маневру трактора. Можна зберігати солону під плівковим покриттям, але це не рекомендується за умови клімату, що характеризується сильними вітрами. При зберіганні соломи на відкритому повітрі існує ризик підвищення її вологості (особливо у верхніх шарах) до рівня, який вище допустимого для спалювання соломи (25%).

Навантаження та транспортування соломи можна організувати різними способами. Маленькі тюки можна вантажити вручну або за допомогою більш-менш складних пристроїв. Тепер на зміну малим тюкам прийшли великі або циліндричні тюки, що значно скоротило витрати праці.

Головною перевагою соломи при використанні в біогазовому секторі є нейтральність цього палива щодо викиду CO<sub>2</sub> в атмосферу. Це означає, що спалювання соломи не підвищує вміст парникових газів в атмосфері.

Сьогодні солома в основному використовується в якості палива на приватних фермерських біогазових установках, на місцевих теплоцентралях, а також на великих електростанціях, але в майбутньому планується використовувати солону для отримання газу і біоетанолу. Компанія DONG Energy інвестувала великі гроші на розвиток нових технологій отримання енергії з соломи, а також побудувала дослідну установку з виробництва біоетанолу з соломи, і в даний час компанія займається розробкою установки по термальній газифікації соломи.

Основною перевагою отримання газу з соломи є прекрасна можливість її утилізації в існуючих котельнях, що працюють на вугіллі.

Вміст води в солоні приблизно 14-20%, яка випаровується при спалюванні. У сухій речовині міститься близько 50% вуглецю, 6% водню, 42% кисню, а також невелика кількість азоту, сірки, кремнію, луги, хлориду і ін. При використанні соломи як палива вміст води в ній не повинно перевищувати 20%. Якщо частка води більше, зростає ризик виникнення корозії і конденсату. Наявність в газі -

від спалювання соломи - хлору і лугу призводить до утворення солі і хлориду калію, які є дуже агресивними речовинами, що викликають корозію устаткування, - особливо при високій температурі.

Отже, завдання полягає в тому, щоб використовувати солому з низьким вмістом шкідливих речовин, і в цьому величезну роль грає природа. Несвіжа солома, що довго пролежала на полі, неодноразово промочена дощами і вже потемніла від вологи, менш агресивна, ніж свіжа ще жовта солома. Зольність соломи становить 2-10%, середній показник - 4%. Найбільш низькою зольністю характеризується солома від культур, що ростуть на піщаних ґрунтах. Солома, прибрана з низинних ґрунтів, як правило, має найбільшу зольність. Теплотвірна здатність тим вище, чим нижче зольність соломи. Це означає, що використання соломи з піщаних ґрунтів краще для отримання теплоенергії. При спалюванні соломи зола стає в'язкою вже при 600С<sup>0</sup>, що важливо для електростанцій, де висока температура пара означає високу ефективність вироблення електроенергії. Нові типи котлів та кращий сплав сталі зменшують ризик пошкодження обладнання під час спалювання соломи, але до сих пір електростанції бажають використовувати дерево замість соломи.

Таблиця 1 – Паливний показник соломи. Жовта солома була прибрана з поля відразу ж після збирання зернових. Темна солома була вимочена дощами до того, як її прибрали з поля

	жовта солома	темна солома
Вміст води	10-20%	10-20%
Зола	4%	3%
Вуглець	42%	43%
Водень	5%	5%
Кисень	37%	38%
Хлорид	0,75%	0,20%
Азот	0,35%	0,41%
Сірка	0,16%	0,13%
Теплотворна здатність	14.4 МДж/ кг	15.0 МДж/' кг

Для визначення діапазону зміни вологості соломи було проведено експериментальне дослідження з визначення її вологості за різних умов зберігання і зволоження. Дослідження виконувалися згідно з методикою, яка передбачає визначення вологості соломи за різницею маси до і після висушування зразка у сушильній шафі при температурі близько 105<sup>0</sup>С.

Моделювання різних умов зберігання соломи і зволоження повітря, в якому вона знаходилась, здійснювалося внесенням до повітря розпиленої води із наступною витримкою соломи у зволоженому стані від 2 до 3 діб. На момент проведення досліджень з визначення вологості соломи у чашці для визначення

маси соломи краплена водяна пара була відсутня. Таким чином визначалася кількість вологи, яка була поглинута соломю. Кількість води, яку вносили до повітря та соломи поступово збільшували. Основні результати досліджень наведено в табл. 2 . Кожний результат отримано на основі 4-5 разових повторень досліджень.

Таблиця 2 – Результати експериментальних досліджень вологості соломи

№ п.п.	Кількість внесеної води	Маса соломи нетто, г		Вологість, % мас.	
		Вологої	Після висушування	Згідно з розрахунком внесеної води	Згідно з експериментальними даними
1	0	13,95	12,72	–	8,8
2	3	12,09	10,70	24,8	11,5
3	10	17,95	10,63	55,7	40,7
4	20	25,07	6,92	79,7	72,3
5	30	24,20	6,04	100	75,0
6	40	24,11	5,62	100	76,6
7	50	28,16	6,47	100	77,0

Як видно із табл. 2 абсорбційна здатність соломи відносно водяної пари обмежує величину максимальної вологості на рівні близько 77 %. Після досягнення зазначеної величини вологості настає насичення, і вологість соломи практично не збільшується.

Отримані дані показують, що за умови зволоження соломи атмосферною вологою її максимальна масова вологість може досягати високих значень (до 77 % мас.), що суттєво погіршує горючі властивості біомаси як палива (зменшення теплоти згорання, збільшення витрат теплоти на висушування, погіршення якості горіння, зменшення температури продуктів згорання). Збільшення вологості біомаси спричинює також зростання парникового газу при спалюванні палива, що пояснюється збільшенням об'єму продуктів згорання за рахунок зростання вмісту в них CO<sub>2</sub>.

Аналіз характеристик процесу горіння біомаси залежно від її вологості показує, що у разі збільшення вологості біомаси характеристики процесу горіння суттєво погіршуються. Таким чином, можна зробити висновок, що внаслідок значної гігроскопічності соломи у логістичних схемах забезпечення об'єктів теплоенергетики біомасою необхідно обов'язково зберігати і транспортувати солону у закритому і захищеному від атмосферної вологи просторі з метою запобігання збільшення вологості біомаси.

Однією з найважливіших завдань енергетичного сектора є утилізація відходів виробництва без шкоди для навколишнього середовища. При спалюванні вугілля на енергетичних станціях отримана зола йде на виробництво цементу та бетону. Гіпс, що утворився в результаті десульфурізації, використовується у виробництві гіпсового картону. При спалюванні біомаси можливості утилізації золи залежать від технології спалювання. При спалюванні соломи в бойлері з ґратчастим дном велика частина золи зсипається на дно бойлера, частина залишається у вигляді летючого попелу в летучому газі. Попіл

містить поживні для рослин речовини, особливо калій. Внесення попелу на поля як добрива є хорошим способом утилізації відходів енерговиробництва, а також дозволяє скоротити частку мінеральних добрив. Зольний пил становить близько 20% від загальної кількості попелу, отриманого від спалювання соломи. Зольний пил також містить багато поживних для рослин речовин, особливо хлорид і сульфат калію. При згорянні соломи солі калію виділяються в летючий газ і концентруються в летючий попіл. Але в летючого попелу також концентрується важкий метал кадмію, який є небезпечним для навколишнього середовища.

Нині накопичено достатній досвід використання рослинної продукції сільськогосподарського виробництва (біомаси) і в першу чергу соломи як палива для опалювальних котелень.

Солома - це досить висококалорійне паливо. 2,5 кг соломи вологістю до 20% можуть замінити 1 літр дизельного палива або 1 м<sup>3</sup> природного газу і при спалюванні дають 10 кВт / год теплової енергії. Один рулон соломи діаметром 1,8 м і довжиною 1,2 м замінить близько 140 літрів дизельного палива або 140 м<sup>3</sup> природного газу. В європейських країнах використання соломи - це високоприбутковий бізнес, що вирішує питання екології, сільського господарства, будівництва та енергетики.

**Висновки.** На даний момент існує чимало бар'єрів для широкого і швидкого поширення нових енергоефективних технологій використання соломи в якості палива для виробництва енергії. В першу чергу агропідприємства повинні володіти власними (вільними) фінансовими ресурсами на впровадження таких проектів, а кредитування є для них поки що досить дорогим задоволенням

За статистичними даними в останні роки в Україні щороку виробляється близько 25 млн. т соломи, з яких 20% (5 млн. т.) не використовується ні в якості підстилки, ні в якості корму для тварин. Очевидно, що ця маса повинна бути спрямована на виробництво теплової енергії. Так, загальний потенціал обладнання, необхідного для її спалювання оцінюється в 113 тис. Фермерських установок потужністю 0,1-1 МВт і в 700 установок централізованого теплопостачання потужністю 1-10 МВт. Перші котли вже встановлені, ринок споживачів і виробників обладнання почав своє формування, тепер підвищення цін на природний газ та інші традиційні енергоресурси будуть працювати тільки на розвиток цього ринку.

### Список використаних джерел

1. Спалювання соломи в Україні. — Датський сільськогосподарський консультаційний центр. 2002. — С. 24.
2. Зелена Енергетика. — №1(21).— 2006 р.— 17-18 с.
3. Тепло з полів. Економіка спалювання соломи // ММ Деньги і Технології. - Червень. - 2001 р.
4. Г.М. Калетнік, В.М. Пришляк. Біопалива: ефективність їх виробництва та споживання в АПК України. Вінниця 2008. 190с.

## **Аннотация**

### **СОЛОМА, КАК АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ВИД ТОПЛИВА**

Есипов А.В., Поляшенко С.А., Бутенко Д.Ю.

*Во многих европейских государствах важное место в их топливно-энергетическом балансе занимает солома. Сжигание соломы, которая не используется в качестве корма или подстилка для животных, в котлах специальной конструкции является рациональным способом получения тепловой энергии.*

## **Abstract**

### **STRAW AS ALTERNATIVE FUEL**

O. Esipov, S. Polyashenko, D. Butenko

*In many European countries the important place in their fuel and energy balance takes straw. Burning of straw is not used as feed or bedding for animals in specially designed boilers is a rational way to get heat.*

## ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ ТРАКТОРА ХТЗ-160 ЗАСТОСУВАННЯМ МЕХАТРОННОЇ СИСТЕМИ АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ ПОВОРОТОМ

**Макаренко М.Г., доц., Кулаков Ю.М., ст. викл.**

*Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка*

**Макаренко О.М., менеджер**

*Ukrfarming*

*Наводяться результати досліджень по підвищенню маневрених якостей трактора ХТЗ-160 з використанням системи адаптивного керування поворотом.*

**Вступ.** При виконанні технологічних процесів трактор рухається по шляху складної конфігурації, що складається з прямолінійних і криволінійних ділянок. Для руху в заданому напрямі водій впливає на органи керування, що призводить до зміни положення машини на опорній поверхні. Використання принципів системного підходу дозволяє розглядати поворот трактора як систему машина - водій - опорна поверхня (грунт). Однією з головних властивостей машини як ланки в системі являється керованість.

В якості критеріїв оцінки керованості і повороту колісних машин застосовують наступні кількісні показники: мінімальний радіус повороту при круговому русі; граничне значення швидкості зміни кривизни траєкторії різних точок; кількість енергії, що витрачається на управління при русі по заданій траєкторії; питома сила тяга, необхідна при повороті; коефіцієнт використання зчпної ваги при повороті.

Чим менший радіус повороту, більша гранична швидкість зміни кривизни траєкторій характерних точок і менше енергії витрачається на управління, тим краще керованість і обертальність колісної машини.

**Аналіз публікацій.** Дослідженню питань маневреності колісних машин та проведенню аналізу впливу маневреності на продуктивність, встановленню тенденцій розвитку відповідних технічних засобів неодноразово розглядалось провідними вченими. Так приводяться і аналізуються визначення властивості маневреності у формулюваннях Е.А. Чудакова, А.М. Ляпунова, В.В. Гуськова, Л.В. Смірнова, А.Е. Фаробіна [1, 2] і ін. Розглянуті основні показники і характеристики руху, що визначають співвідношення параметрів машин, які забезпечують стійкість руху по заданій траєкторії.

В роботах М. А. Подригало, В.П. Волкова, О.А. Бобошко проведений аналіз зчпних властивостей автомобільних шин з опорною поверхнею [3, 4]. Вказані автори відзначають залежність коефіцієнта зчеплення від тиску в контакт і дотичної напруги в площині контакту, а також розглядають зв'язок



коефіцієнта зчеплення з напругою елементів шини в контактї.

Беручи до уваги узагальнене формулювання поняття маневреності, як властивості машини витримувати задані через рульовий механізм курсовий напрям і траєкторію, слід зазначити, що чисельних оцінок і методу їх визначення, що безпосередньо характеризують точність траєкторії МТА на базі трактора не існує. Це затруднює попереднє прогнозування маневреності на етапах розробки рекомендацій по створенню на базі енергетичного модуля комбінованих МТА.

**Мета і постановка задачі.** Метою роботи є дослідження проблеми підвищення експлуатаційних показників трактора типу ХТЗ-160 із застосуванням мехатронної системи адаптивного керування поворотом

**Вирішення задачі.** Вхід в поворот МТА є найвідповідальнішим моментом здійснення маневру. Здатність колісного агрегату входити в поворот, тобто реагувати на управляючу дію, є характеристикою керованості. Керованість колісного агрегату оцінюється, як правило, по величині кутового прискорення в площині дороги, що виникає при повороті керованих коліс [3]. Кутове прискорення виникає у випадку, якщо момент, що повертає, буде більшим моменту опору повороту. Існує поняття коефіцієнта керованості колісної машини, що є відношенням моменту, що повертає, до моменту опору повороту. В початковий момент часу здійснення повороту цей коефіцієнт (якщо він більше одиниці) показує, що колісний агрегат здатний увійти в поворот. Таким чином, виникла необхідність дослідити керованість трактора у складі МТА та запропонувати заходи по її підвищенню.

Перспективним напрямком вирішення вказаної проблеми є використання комбінованого способу управління, що дозволяє поліпшити показники маневреності колісних тракторів. Необхідність в комбінованому способі управління виникає тоді, коли збільшення кута повороту керованих коліс  $\bar{\alpha}$  не призводить до зменшення радіусу повороту  $R_2$  (збільшенню кутової швидкості  $\omega$  повороту). Тому розглянемо модель руху колісної машини на повороті у випадку  $\bar{\alpha} = const$  і проведемо оцінку повороткості і керованості при кінематичному і комбінованому способах управління.

Розглянемо схему повороту чотириколісного повнопривідного трактора (типу ХТЗ-160) з переднім керованим мостом та сили, що діють в контактї коліс з опорною поверхнею. Враховуючи, що шини, що встановлюються на колісних тракторах мають досить високу жорсткість, при рішенні цієї задачі бічним відведенням нехтуємо.

Використовуючи теорему про зміну моменту кількості руху машини відносно центру повороту  $O_2$ , отримаємо:

$$\frac{d}{dt}(J_{z_{O_2}} \cdot \omega) = R''_{K_2} \cdot \left(R_2 + \frac{B}{2}\right) + R'_{K_2} \cdot \left(R_2 - \frac{B}{2}\right) + R''_{K_1} \cdot R_1'' + R'_{K_1} \cdot R_1', \quad (1)$$

де  $R_1, R_2$  – радіуси повороту точок середин передньої і задньої осей

$$R_2 = L \cdot ctg \bar{\alpha}; \quad (2)$$

де  $R_1''$ ,  $R_1'$  - радіуси повороту осей передніх зовнішнього і внутрішнього коліс, які можна приблизно прийняти

$$R_1' \approx R_1 - \frac{B}{2}, \quad (3)$$

Підставляючи отримані розрахунки і враховуючи  $\frac{d\bar{\alpha}}{dt} = 0$ , отримаємо:

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{tg\bar{\alpha}}{1 + \frac{b^2 + i_z^2}{L^2} \cdot tg^2\bar{\alpha}} \times \left[ \frac{1}{mL} \left( \frac{M_{k1}}{r_{\partial 1}} \sec\bar{\alpha} + \frac{M_{k2}}{r_{\partial 2}} \right) - \frac{f \cdot g}{L} + f \frac{h}{L^3} \cdot tg^2\bar{\alpha} \left( V_{X1}^2 + b \frac{dV_{X1}}{dt} \right) \right]. \quad (4)$$

Кутове прискорення є величиною, що характеризує керованість колісної машини. Співвідношення (3.7) дозволяє визначити кутове прискорення  $\frac{d\omega}{dt}$  при рівному розподілі крутних моментів між колесами однієї осі. При  $\bar{\alpha} = const$  кутове прискорення виникає за рахунок  $\frac{dV_{X1}}{dt}$ , а останнє за рахунок перевищення дотичними реакціями на ведучих колесах сил опору руху. Зі збільшенням  $\bar{\alpha}$ , а також  $V_{X1} \frac{dV_{X1}}{dt}$  відбувається збільшення вертикальних реакцій на колесах зовнішнього борту і зменшення вертикальних реакцій на колесах внутрішнього борту. Відповідно збільшується сила опору коченню на колесах зовнішнього борту і зменшується – на колесах внутрішнього. Це призводить до збільшення дотичних реакцій на колесах внутрішнього борту ( $R_{k1}'$ ,  $R_{k2}'$ ) і зменшенню дотичних реакцій на колесах зовнішнього борту ( $R_{k1}''$ ,  $R_{k2}''$ ). Відповідно це призводить до зменшення  $\frac{d\omega}{dt}$ . Визначимо граничний кут повороту керованих коліс  $\bar{\alpha}^*$  при якому  $\frac{d\omega}{dt}$  стане рівним нулю. Прирівнюючи праву частину (4) до нуля, отримаємо (допускаючи, що  $\sec\bar{\alpha} \approx 1$ )

$$\alpha^* = \arctg \left[ \frac{L}{\sqrt{V_{X1}^2 + b \frac{dV_{X1}}{dt}}} \sqrt{\left( \frac{M_{k1}}{r_{\partial 1}} + \frac{M_{k2}}{r_{\partial 2}} \right) - \frac{g}{h}} \right]. \quad (5)$$

$$\frac{d\omega}{dt} = k \frac{dV_{X1}}{dt} + V_{X1} \mu_1 \frac{d\bar{\alpha}}{dt}. \quad (6)$$

Аналіз залежності (6) показує, що керованість машини при повороті забезпечується двома діями  $dV_{X1}/dt$  і  $d\bar{\alpha}/dt$ . Ступінь впливу  $dV_{X1}/dt$  залежить від кривизни траєкторії руху машини, а вплив  $d\bar{\alpha}/dt$  – від швидкості руху  $V_{X1}$  і

чутливості машини до повороту  $\mu_l$ .

На рисунку 1 приведені графіки відповідних залежностей для трактора ХТЗ-16131 від швидкості руху для комбінованого і кінематичного способів повороту. Аналіз приведених графіків показує, що застосування комбінованого способу управління дозволяє зменшити радіус повороту в порівнянні з кінематичним способом. На полі, підготовленому під посів комбінований спосіб управління забезпечує більш високе значення  $\omega_{max}$  (менше  $R_{2min}$ ) в порівнянні з кінематичним.

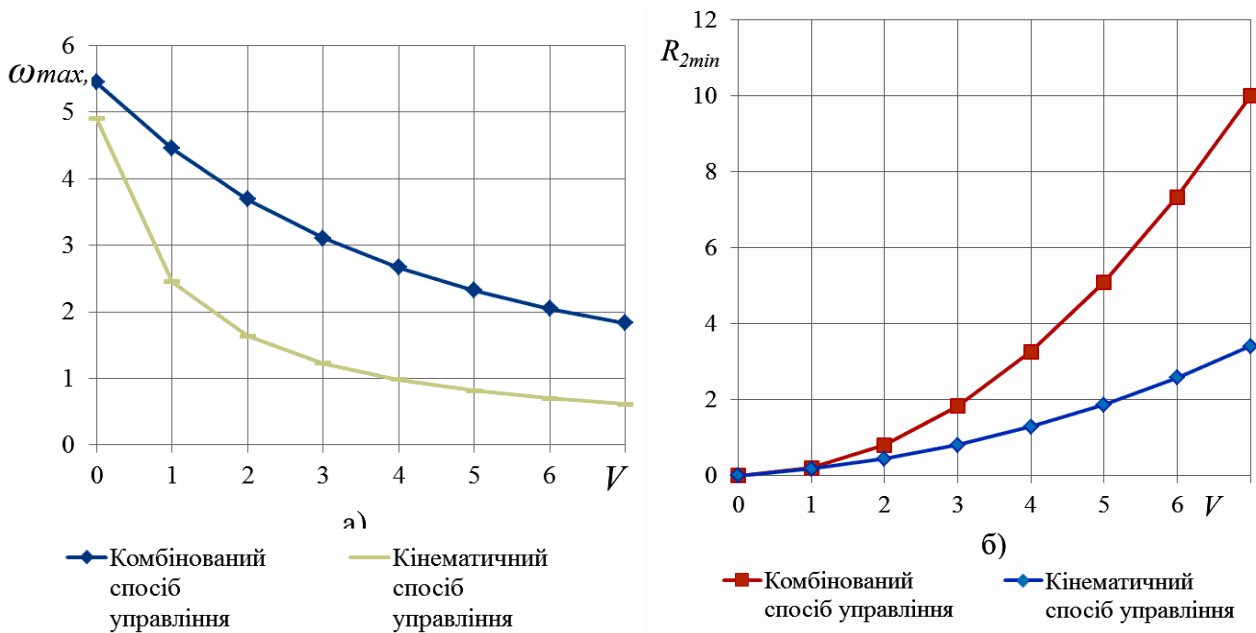


Рис. 1 – Залежність показників повороткості від швидкості руху: а) максимальна кутова швидкість повороту; б) мінімальний радіус повороту

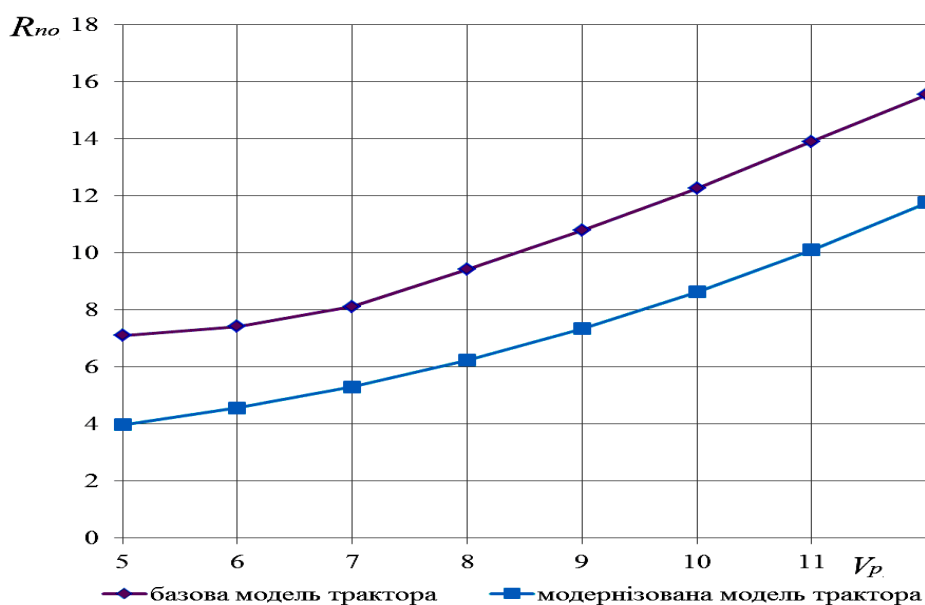


Рис. 2 – Залежність радіусу повороту від швидкості руху по полю для базового та модернізованого трактора.

Запропонована модель повороту трактора при комбінованому способі управління передбачає узгодження кутів повороту керованих коліс і різниці дотичних реакцій на колесах так, щоб не викликати бічного ковзання коліс.

Питання узгодження роботи гальмівного і рульового управління полягають у визначенні гальмівного моменту на внутрішньому задньому колесі машини, необхідний при повороті керованих коліс на кут  $\bar{\alpha}$  для запобігання їх бічного ковзання

$$M'_{T2} = \frac{mfr_{k2}}{2b \left( 1 + \frac{b^2}{L^2} \operatorname{tg}^2 \bar{\alpha} \right)} V_{X1}^2 \left[ \frac{h}{B} \left( 1 + \frac{b}{L} \operatorname{tg} \frac{\bar{\alpha}}{2} \operatorname{tg} \bar{\alpha} \right) + \frac{2I_{k2}}{mBr_k^2} \right] \cdot \sin 2\bar{\alpha}, \quad (7)$$

де  $I_{k2}$  - момент інерції заднього колеса.

Досліджуємо поворот колісної машини з гальмуванням заднього внутрішнього колеса і бічним ковзанням передніх керованих коліс (рисунок 3).

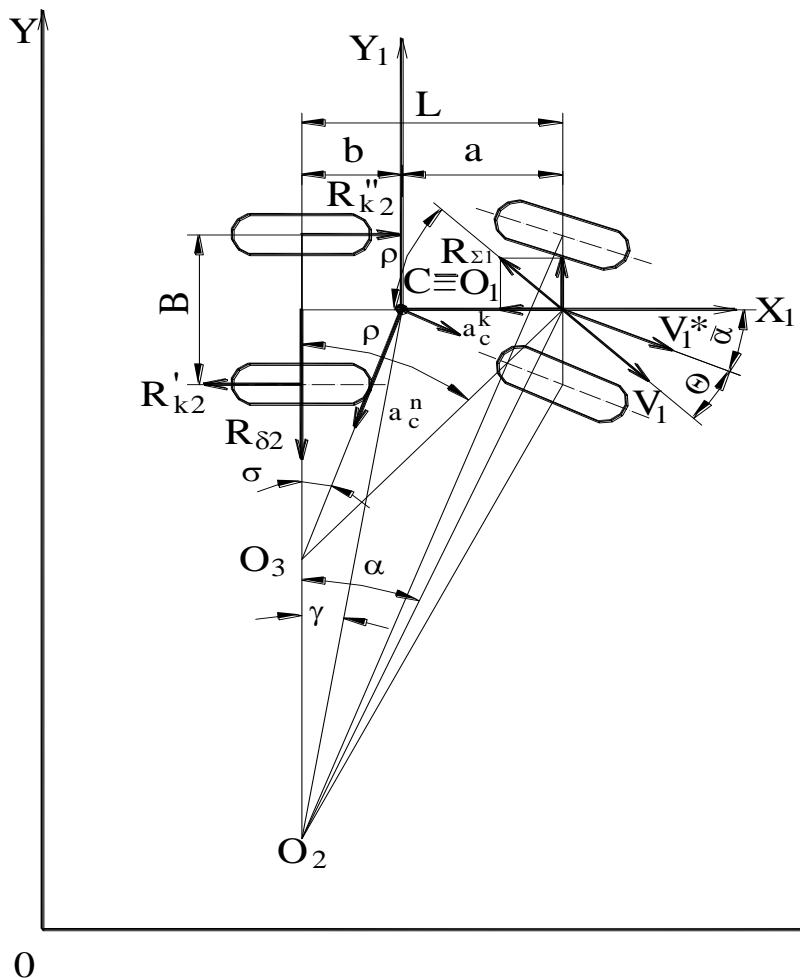


Рис. 3 – Поворот колісного трактора з бічним ковзанням передніх коліс.

Рух машини в цьому випадку описується наступною системою рівнянь:

$$m \frac{d^2 X_1}{dt^2} = R''_{k2} - R'_{k2} - R_{\Sigma 1} \cos \rho; \quad (8)$$

$$m \frac{d^2 Y_1}{dt^2} = R_{\Sigma 1} \sin \rho - R_{\delta 2}; \quad (9)$$

$$I_{ZC} \frac{d\omega}{dt} = (R''_{k2} + R'_{k2}) \frac{B}{2} - R_{\delta 2} b - R_{\Sigma 1} a \sin \rho. \quad (10)$$

Система автоматичного управління поворотом заснована на принципі роботи системи курсової стійкості (ESP), яка в свою чергу використовується в пневматичних гальмівних системах з електронним управлінням (EBS).

Суть розробки ґрунтується на наступному: при виконанні розвороту на поворотних смугах при виконанні технологічних операцій, система автоматичного управління трактора повинна самостійно визначити в який момент, яке колесо необхідно підгальмувати, щоб знизити або запобігти бічному відведенню керованих коліс.

Використання повітря в контурах управління гальмівних систем обумовлює великий час запізнювання спрацьовування, наявність гістерезису і знижену точність дії. Разом з подібною «неоптимальністю управління» застосування повітря вимагає наявності великої кількості клапанів управління, трубок і фітінгу, що у свою чергу збільшує собівартість системи в цілому і вірогідність виходу її з ладу. Ідея створення систем EBS полягає в усуненні цих недоліків шляхом заміни керівного пневматичного сигналу на електричний. Це вимагає заміни усіх пневматичних клапанів на електропневматичні, причому повітря виконуватиме лише роль робочого тіла безпосередньо в гальмівних механізмах.

Виходячи з цих проблем була реалізована схема гальмівного приводу, приведеного на рисунку 4.

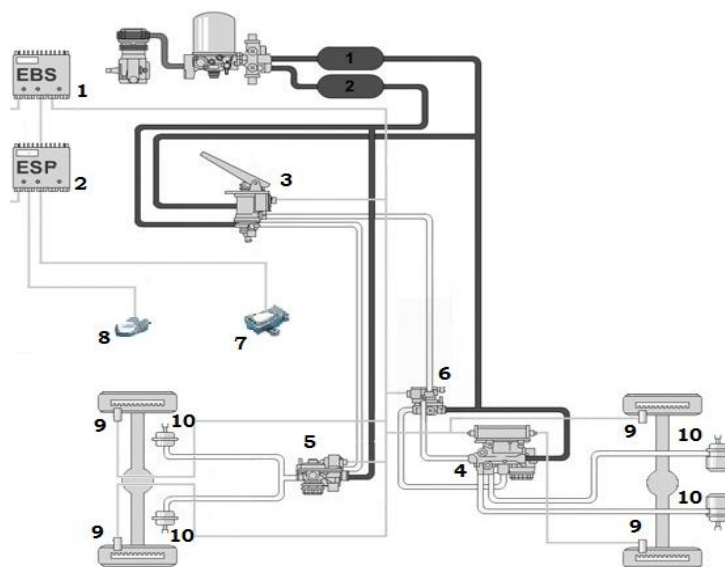


Рис. 4 - Пневматична гальмівна система з електронним управлінням

На рисунку 4 представлено компонування компонентів системи на тракторі. Блок управління EBS (1) аналізує сигнали внутрішніх і зовнішніх датчиків і управляє модулями регулювання тиску (4,5) передньої та задньої осі.

До зовнішніх датчиків відносяться датчики швидкості коліс (9). Внутрішні датчики включають датчики положення гальмівної педалі в підпедальному крані (3), датчики тиску в модулях управління тиском (4,5).

Для зменшення кількості дротів в системі була передбачена схема обміну даними по CAN-шині. Для цієї мети кожен з модулів управління тиском (4,5) і підпедальний гальмівний кран (3) оснащені аналогово-цифровими платами, які перетворюють і передають сигнали датчиків обертання і тиску.

Для адаптації EBS на тракторі вивчаються характеристики підпедального гальмівного крану, гальмівних механізмів, проводиться гальмівний розрахунок для визначення ідеальної характеристики регулятора гальмівних сил. Отримані дані вносяться за допомогою комп'ютера у блок управління EBS і формуються параметри регулювання.

Але мехатронна система автоматичного керування ґрунтується не лише в застосуванні EBS, основна відмінність полягає в наявності інтегрованої системи управління стійкістю, що має на увазі наявність додаткового блоку управління (2), датчиків повороту рульового колеса (8) (рисунк 4), поперечного прискорення і крутного моменту (7).

Основною особливістю системи управління стійкістю є її функціонування не в процесі гальмування, а в процесі криволінійного руху, тобто активний вплив на динаміку руху. Блок управління EBS, використовуючи показники датчиків повороту рульового колеса і датчиків кутової швидкості коліс, розраховує теоретичні показники динаміки руху і порівнює їх з показниками датчиків крутного моменту і поперечного прискорення.

Принцип роботи даної системи наступний. Датчики частоти обертання коліс безперервно передають значення швидкості кожного колеса. Сигнал від датчика кута повороту рульового колеса передається по шині (CAN) у блок управління. Уся ця інформація аналізується модулем управління для розрахунку напрямку руху, заданого рульовим управлінням і розпізнає поведінку трактора.

Датчик бічного прискорення передає інформацію блоку управління про бічний рух трактора, тоді як датчик ризику сигналізує про появу повертального моменту. За даними цих двох датчиків блок управління визначає поточний стан трактора.

Якщо поточний стан відмінний від заданого, то прораховується цикл управління. Система стабілізації руху визначає яке колесо має бути пригальмовано і наскільки різко. Після цього система перевіряє, наскільки вдалим було втручання, на основі даних від датчиків.

Цикл управління завершується при успішному результаті втручання, і система управління переходить до стеження за поведінкою трактора. Якщо стійкість руху не відновлена, то цикл управління повторюється.

Центральний електронний блок служить для управління і контролю електронно-пневматичною гальмівною системою. Він визначає необхідне номінальне уповільнення тракторного агрегату по сигналу від гальмівного

крану. Сигнал про необхідне уповільнення і сигнали швидкості обертання коліс є вхідними сигналами для управління гальмівною системою. Центральний блок визначає необхідні гальмівні тиски в передній і задній осях. Електронний блок управління курсовою стійкістю, який вбудований в центральний блок, в свою чергу обробляє інформацію, яка надходить від датчика кута повороту рульового колеса, датчиків бокового прискорення і рискання. За отриманою інформацією блок управління розпізнає поведінку трактора і визначає його поточний стан. При виникненні недостатньої повертаємості система ESP запобігає увід трактора за межі заданої траєкторії підгальмовуючі заднє внутрішнє колесо. Якщо вибраний тиск повітря буде надмірним і колесо заблокується, то датчик обертання коліс надсилає сигнал до модулятора і відбувається скидання тиску. Під час прямолінійного руху електронний блок працює в режимі стеження.

Гальмівний кран використовується для формування електричного і пневматичного сигналів, що відповідають необхідному значенню уповільнення, виміряного по зусиллю натиснення педалі гальма.

Модулятором передньої осі сигнал, що надходить від електронного блоку, перетворюється в тиск прискорювального клапана. Тиск на виході модулятора відповідає тиску, управління.

Модулятор задньої осі визначає і реєструє швидкості обертання коліс по сигналу колісних датчиків і надсилає сигнали центральному модулю, який визначає необхідний гальмівний тиск. У разі блокування чи проковзування колеса, модулятор осі змінює відповідним чином гальмівний тиск.

Датчик бічного прискорення визначає сили, що діють на трактор при повороті, які можуть бути передані. За цими даними система оцінює, які переміщення трактора можуть бути виконані за поточних дорожніх умов без ризику втрати керованості.

З точки зору фізичних законів необхідно, щоб цей датчик розташовувався як можна ближче до центру маси трактора. Встановлене положення та орієнтацію датчика категорично забороняється змінювати.

За відсутності даних від датчика бічного прискорення розрахунок фактичного стану тракторного агрегату під час руху стає неможливим. В цьому випадку функція ESP стає непрацездатною.

Датчик рискання визначає, чи діють на трактор поворотні моменти. Даний датчик дозволяє визначити, чи обертається рама трактора довкола однієї з трьох просторових осей (залежно від того, в якому положенні встановлений датчик). Датчик системи дозволяє визначити, чи повертається трактор довкола вертикальної осі. В цьому випадку йдеться про виміри рискання.

Даний датчик необхідно встановлювати близько до центру маси трактора, тому він кріпиться разом з датчиком бічного прискорення.

За відсутності даних від датчика система не може визначити початок обертання трактора. В цьому випадку функція ESP стає непрацездатною.

Датчик кута повороту рульового колеса призначений для передачі на центральний блок управління системи значення кута повороту рульового колеса. Розташовується на рульовій колонці між перемикачем рульової колонки і рульовим колесом. Датчик здатний визначити кут  $\pm 720^\circ$ , тобто до чотирьох

повних обертів рульового колеса.

За відсутності сигналу від датчика система не зможе виявити зміну у напрямі руху трактора, що задається оператором. В цьому випадку функція ESP стає непрацездатною.

Датчик швидкості колеса постійно вимірює швидкість обертання зубчастого вінця, що обертається разом з колесом, і передає дані електронному блоку, який визначає фактичну швидкість обертання кожного колеса і порівнює їх з граничними значеннями. При виявленні будь-яких відхилень від нормальних умов, система втручається в управління транспортним засобом, впливаючи на гальма

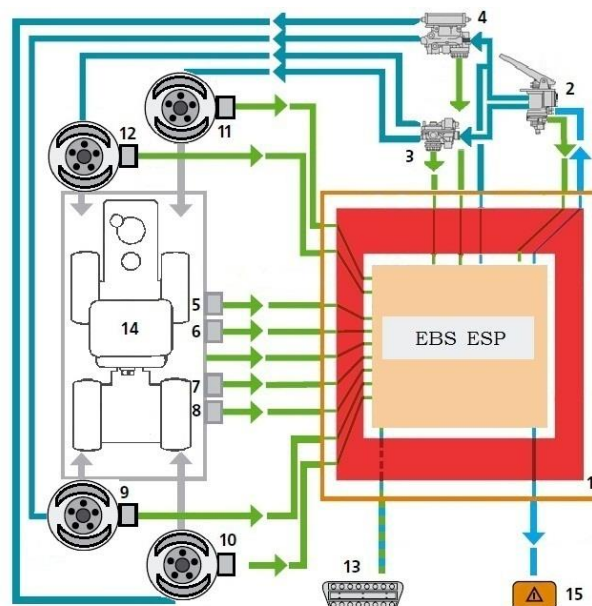


Рис. 5 - Контур управління стійкістю повороту трактора

1 - блок управління EBS та ESP; 2 - гальмівний кран; 3 - модулятор передньої осі; 4 - модулятор задньої осі; 5 - датчик бічного прискорення; 6 - датчик рискання; 7 - датчик кута повороту рульового колеса; 8 - виключення стоп сигналу. 9...12 - датчики частоти обертання коліс; 13 - діагностичний кабель; 14 – сигнали про динаміку тракторного агрегату та поведінку оператора; 15 - електронна лампа на панелі приладів.

Автоматичне узгодження кутів повороту керованих коліс і гальмування заднього внутрішнього колеса трактора є найбільш ефективним варіантом реалізації комбінованого способу керування поворотом, що підтверджено проведеними теоретичними дослідженнями. Результат даних досліджень можливо спостерігати на графіку (рисунок 6), на якому зображено залежності радіусу повороту від швидкості руху трактора на різних агрофонах, з різними значеннями коефіцієнтів зчеплення рушіїв трактора з ґрунтом та коефіцієнту опору кочення.



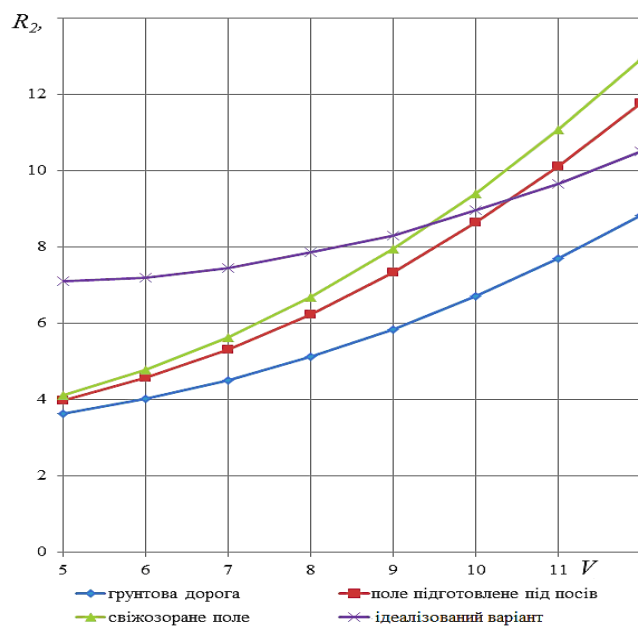


Рис. 6 – Залежність радіусу повороту трактора ХТЗ-16131 від швидкості при заблокованому задньому внутрішньому колесі

**Висновки.** Проведеним аналізом встановлено, що керованість трактора при повороті забезпечується двома діями  $dV_{X1}/dt$  і  $d\bar{\alpha}/dt$ . Ступінь впливу  $dV_{X1}/dt$  залежить від кривизни траєкторії руху машини, а вплив  $d\bar{\alpha}/dt$  – від швидкості руху  $V_{X1}$  і чутливості машини до повороту  $\mu_1$ .

Автоматичне узгодження кутів повороту керованих коліс і гальмування заднього внутрішнього колеса трактора є найбільш ефективним варіантом реалізації комбінованого способу керування поворотом, що підтверджено проведеними теоретичними дослідженнями.

### Список використаних джерел

1. Литвинов А.С., Немцов Ю.М., Волков В.С. Некоторые вопросы динамики неустановившегося поворота автомобиля // Автомобильная промышленность. 1978.- № 3.- с. 20-22.
2. Фаробин Я.Е. Теория поворота транспортных машин.-М.: Машиностроение, 1970.- 176 с.
3. Подригало М.А., Бобошко А.А. Синтез законов рационального управления поворотом колесной машины // Вестник Харьковского государственного автомобильно-дорожного технического университета. Вып. 15 - 16. - Харьков: Изд-во ХНАДУ. - 2001. - с. 143 - 145.
4. Подригало М., Гречко Л., Бобошко О. Підвищення маневреності колісних тракторів // Машинознавство. - 1999. - № 10. - с. 55 - 58.

## **Аннотация**

### **ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРАКТОРА ХТЗ-160 ПРИМЕНЕНИЕМ МЕХАТРОННОЙ СИСТЕМЫ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОВОРОТОМ**

Макаренко Н.Г., Кулаков Ю.М., Макаренко А.Н.

*Приводятся результаты исследований по повышению маневренных качеств трактора ХТЗ-160 с использованием системы адаптивного управления поворотом.*

## **Abstract**

### **INCREASE OF OPERATING INDEXES OF TRACTOR OF KHTZ-160 BY APPLICATION OF MEKHATRONNOY OF SYSTEM OF ADAPTIVE CONTROL TURN**

N. Makarenko, Y. Kulakov, A. Makarenko

*Results over of researches are brought on the increase of manoeuvre qualities of tractor of XT3-160 with the use of the system of adaptive control a turn.*

## ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ ТРАКТОРА ХТЗ-170 ЗАСТОСУВАННЯМ МЕХАТРОННОЇ СИСТЕМИ АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ ГІДРОНАЧІПНОЮ СИСТЕМОЮ

**Макаренко М.Г., доц., Горобець О.К., маг.**

*Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка*

**Макаренко О.М., менеджер**

*Ukrfarming*

*Наводяться результати досліджень зміни буксування коліс трактора залежно від опору плуга та пропонується мехатронна система адаптивного керування гідравлічною системою, що забезпечує підвищення продуктивності, зменшення буксування та витрати палива.*

**Вступ.** на сучасних тракторах широко застосовують універсальні системи автоматичного регулювання глибини обробки ґрунту, які не тільки підтримують задану глибину, але також полегшують керування начіпними машинами, підвищують продуктивність і економічність машинно-тракторного агрегату за рахунок поліпшення тягово-зчіпних властивостей тракторів, зниження тягових опорів знарядь і зменшення динамічних навантажень. Використання мехатронних систем автоматичного регулювання, які органічно поєднують гідравлічні системи та електроніку з програмним забезпеченням дають можливість реалізувати логічні операції оптимального керування шляхом перетворення сигналів від малопотужних елементів до агрегатів високої потужності з обробленням їх в мікропроцесорних блоках інтелектуального керування. Це забезпечує простоту керування, зменшення питомої витрати палива та підвищення продуктивності робіт.

Розв'язок проблем, що виникають при цьому, сприяє процесу удосконалення як самого трактора, так і сільськогосподарських машин у складі машинно-тракторного агрегату (МТА).

**Аналіз основних публікацій, досліджень.** Проведене д.т.н. Г.М. Кутьковим прогнозування розвитку енергетичних засобів с.-г. виробництва показало, що в процесі своєї еволюції кожне з них повинно пройти три основні етапи [1].

На першому етапі розвиток конструкції трактора відбувається відповідно до тягової концепції. Параметрична основа цієї концепції полягає в узгодженні потужності двигуна і маси енергетичного засобу таким чином, щоб перша могла бути цілком реалізована через тягове зусилля трактора, який в даному випадку є мобільним тяговим засобом.

Згідно концептуальних положень, викладених у [1, 2, 3], підвищення потужності двигуна неодмінно супроводжується відповідним збільшенням його експлуатаційної маси. Але енергонасиченість тягового засобу варіює при цьому

мало й в основному є величиною постійною.

Енергонасиченість колісних тракторів, тяговий клас яких представлений середнім значенням даної величини, знаходиться на рівні приблизно 14,8 кВт/т. У гусеничних машин цей показник на 27% менший.

Сучасний етап розвитку енергетичних засобів характеризується завершенням тягової і зародженням нової, тягово-енергетичної концепції, відповідно до якої трактор є вже тягово-енергетичним засобом. Збільшення потужності двигуна останнього не супроводжується при цьому відповідною зміною його експлуатаційної маси.

Розвиток конструкції трактора в остаточній фазі другої логісти буде відрізнятися, як відзначається в прогнозі [1], істотною перевагою енергетичних функцій. В результаті потужність двигуна тягово-енергетичного засобу навіть при повному його баластуванні не може бути цілком реалізована через тягове зусилля.

Третій етап розвитку мобільної енергетики передбачає поступове перетворення тягово-енергетичних засобів у стаціонарні.

На сучасному етапі розвитку суспільства задоволення даних вимог у рамках старої тягової концепції побудови енергетичних засобів неможливе. Так, подальше зростання продуктивності МТА на основі тягового напрямку за рахунок збільшення швидкості руху практично вичерпаний [5].

Крім того, для більшості сучасних сільськогосподарських машин перехід на робочі швидкості вище 10 км/год., недоцільний у першу чергу з енергетичної точки зору [6, 7]. Цей висновок, цілком ймовірно, залишиться справедливим і на перспективу, тому що в найближчому майбутньому не вимальовується реальна можливість заміни старих робочих органів сільськогосподарських знарядь принципово новими.

Підвищення продуктивності праці за рахунок застосування широкозахватних МТА на базі енергозасобів також досяг своєї межі [7, 8]. Стримуючими факторами тут є: транспортні габарити агрегатів; час переналагодження МТА з транспортного положення в робоче і навпаки; ущільнюючий вплив ходових систем важких тракторів на структуру ґрунту і врожайність оброблюваних культур.

**Мета і постановка завдання.** Одним із актуальних завдань землеробства в сучасних умовах є економія енергоресурсів та підвищення продуктивності робіт шляхом оптимального завантаження двигуна та узгодження його потужності з опором с. г знарядь при мінімально можливому буксуванні ведучих коліс трактора.

**Вирішення задачі.** Між тяговим зусиллям трактора і його масою склалася цілком певні співвідношення, порушення яких приводить або до зайвої маси трактора при обмежених можливостях двигуна, або до значного недовикористання потужності двигуна при недостатній масі трактора.

Теоретичні методи визначення коефіцієнта буксування передбачають використання математичних моделей процесів взаємодії рушіїв з ґрунтом.

Через складність процесів взаємодії рушіїв із ґрунтом формули для розрахунку  $\delta$  виходять громіздкими, з великою кількістю величин, визначення

деяких з них пов'язане із значними труднощами. Тому при оцінці тягово-зчіпних властивостей користуються емпіричними даними.

За результатами розрахунків або на основі емпіричних залежностей будуємо криву коефіцієнта буксування  $\delta$  (рис. 1).

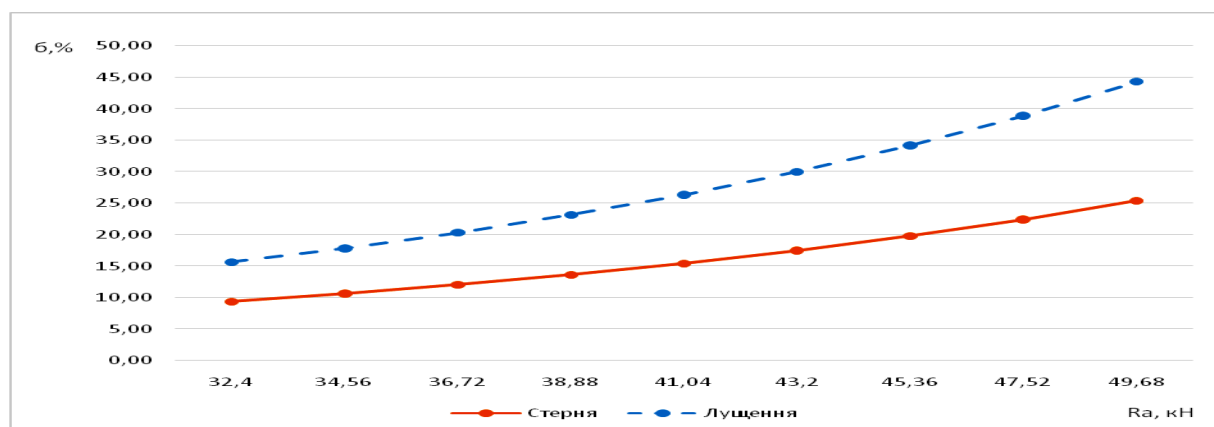


Рис. 1 – Залежність буксування ведучих коліс трактора від тягового опору при різних агрофонах

При буксуванні рушіїв відбуваються втрати потужності, падіння продуктивності та перевитрата палива, руйнування структури ґрунту та зниження його родючості. У зв'язку з цим на значення коефіцієнта буксування накладаються певні обмеження. Так за вимогами агротехніки буксування тракторів при номінальному тяговому зусиллі не повинне перевищувати 15% для колісних тракторів і 5% гусеничних.

Після визначення коефіцієнта буксування обчислюємо втрати потужності на буксування за формулою:

$$N\delta = \delta N_K, \quad (1)$$

де  $N_K$  - потужність, що відводиться до ведучих коліс. ( $N_K=39,8$ ).

Таблиця 1 – Розрахунок втрат потужності на буксування залежно від коефіцієнта буксування рушіїв трактора

Втрати потужності на буксування (по стерні)	Втрати потужності на буксування (після лушення)	Коефіцієнт буксування (по стерні)	Коефіцієнт буксування (після лушення)	Потужність на ведучих колесах
$N\delta$ , кН	$N\delta$ , кН	$\delta$ , %	$\delta$ , %	$N_K$ , кН
8,98	9,84	10,46	11,46	39,8
10,23	11,09	11,91	12,91	
11,65	12,51	13,56	14,56	
13,26	14,12	15,44	16,44	
15,10	15,96	17,58	18,58	
17,19	18,05	20,01	21,01	
19,57	20,43	22,78	23,78	
22,28	23,14	25,94	26,94	
25,37	26,23	29,54	30,54	

За даними розрахунками будемо графік втрат потужності при буксуванні (рис. 2) та фактичної швидкості агрегату від буксування рушіїв (рис. 3).

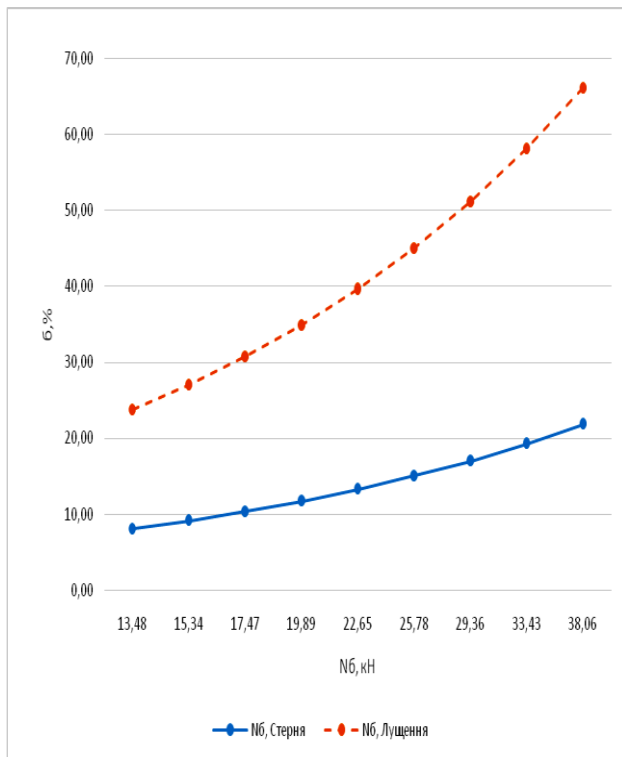


Рис. 2 – Залежність втрат потужності при буксуванні рушіїв

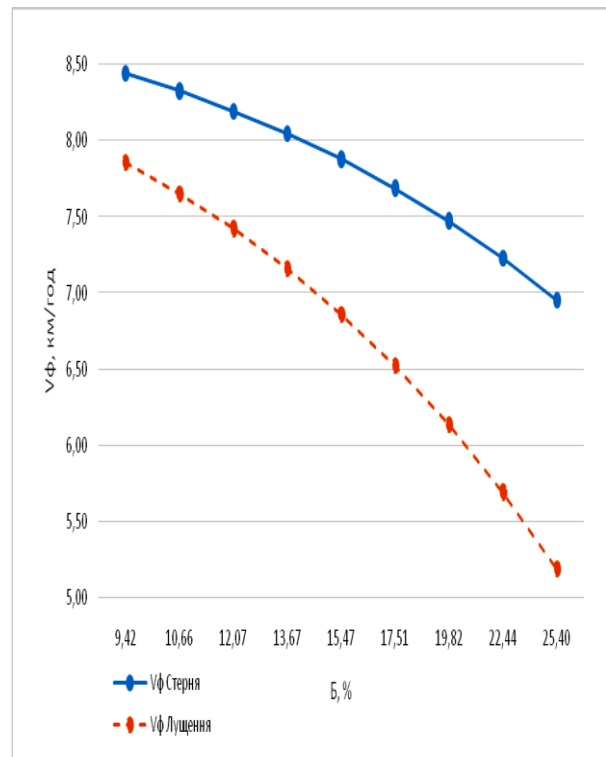


Рис. 3 – Залежність фактичної швидкості від буксування рушіїв

До теперішнього часу трактори розвивалися у напрямі підвищення експлуатаційно-технологічних показників за рахунок підвищення потужності і маси, технічного рівня і, частково, універсальності, досягнувши високих техніко-економічних показників. В основу були покладені закономірності, розроблені В.П. Горячкиним, по взаємодії енергетичних співвідношень зі швидкістю руху трактора і робочої машини:

$$75N = P_v = P_{\max} \left[ 1 - \left( \frac{V}{V_{\max}} \right)^m \right] V \quad (2)$$

Для реалізації проблеми забезпечення оптимального співвідношення тягового опору плуга, буксування рушіїв та завантаження двигуна доцільно використати мехатронну систему керування гідравлічною системою трактора. Її застосування забезпечить реалізацію не тільки традиційної схеми регулювання начіпного пристрою, але також розширить можливості застосування систем, що підтримують оптимальні параметри буксування ведучих коліс трактора та завантаження двигуна. До переваги системи відноситься також простота керування, надійність та свобода вибору в розташуванні її елементів в залежності від марки та компоновальної схеми трактора (рис. 4).

Індуктивний датчик мехатронної системи керування, встановлений на тракторі, визначає кутову швидкість ведучих коліс та порівнює її з швидкістю

руху агрегату, яку визначає радарний датчик. Контролер мехатронної системи на основі отриманих даних у відповідності до закладеної в ньому програми розраховує реальний коефіцієнт буксування. Якщо він перевищує допустиму норму то контролер надсилає сигнал на розподільник який подає рідину в порожнину гідравлічного циліндра управління шириною захвату плуга. Ширина захвату плуга змінюється за рахунок переміщення корпусів відносно першого корпусу. Просторове розміщення агрегатів мехатронної системи керування гідроначипною системою трактора показано на рис. 4.

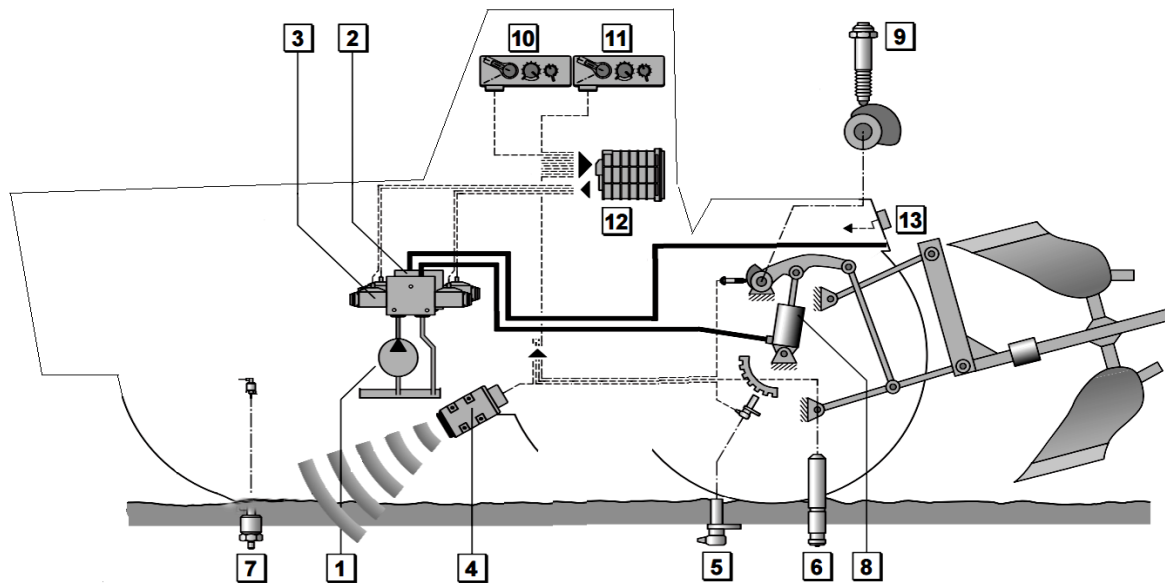


Рис. 4 - Схема розміщення агрегатів мехатронної системи керування гідроначипною системою трактора:

1 – гідравлічний насос; 2,3 – гідророзподільники; 4 – радарний датчик швидкості руху трактора; 5 – датчик швидкості руху; 6 – датчик навантаження; 7 – датчик тиску на передню вісь; 8 – гідроциліндр; 9 – датчик положення навісної системи; 10,11 – панель управління; 12 – електронний блок управління

Головним елементом керування мехатронної системи є контролер, який складається з процесора, ОЗП, ПЗП і аналого-цифрового перетворювача.

Процесор виконує функцію обробки даних по заданій програмі шляхом виконання арифметичних і логічних операцій. Він взаємодіє з контролером двигуна та з пристроями, що сприймають інформацію від фізичних величин, перетворюючи її в електричні сигнали та від органів керування, що задають відповідні режими роботи. Аналізуючи отриману інформацію електронний блок керування подає сигнал на виконуючі органи. Керування системою здійснюється за допомогою панелі керування, а вся необхідна інформація відображається на дисплеї. Передача інформації здійснюється за допомогою шини даних.

Результати досліджень залежності продуктивності орного агрегату та буксування ведучих коліс трактора в залежності від ширини захвату корпусу плуга представлені на рис. 5.

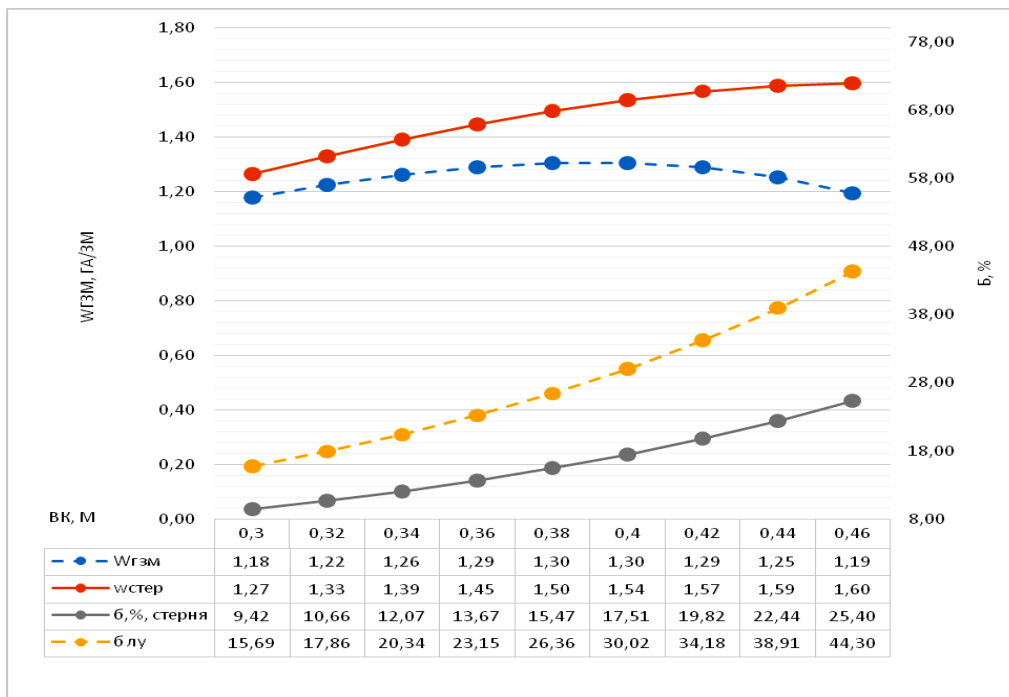


Рис. 5 – Продуктивність орного агрегату та буксування ведучих коліс трактора в залежності від ширини захвату корпусів плуга

Алгоритм прийняття рішення електронним блоком керування про коректування ширини захвату плуга представлений на рис. 6.

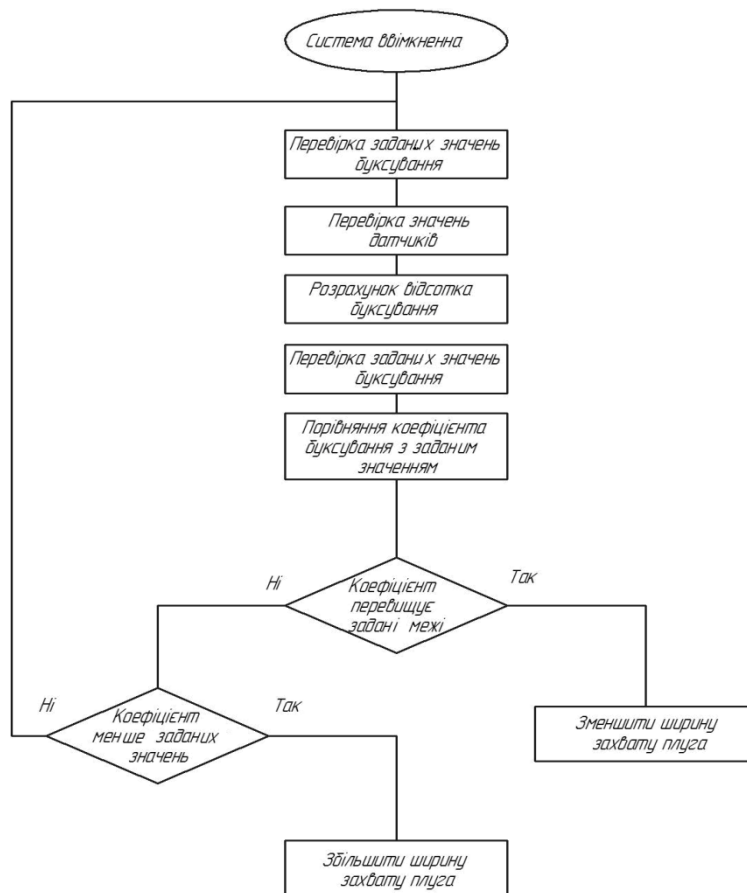


Рис. 6 – Алгоритм прийняття рішення електронним блоком керування про коректування ширини захвату плуга



**Висновки.** За результатами досліджень можна зробити наступні висновки.

1. Для реалізації проблеми забезпечення оптимального співвідношення тягового опору плуга, буксування рушіїв та завантаження двигуна трактора доцільно використати махатронну систему керування гідравлічною системою, що забезпечує реалізацію логічних операцій оптимального керування.

2. Застосування елементів махатронної адаптивної системи керування гідроначійною системою забезпечує реалізацію не тільки традиційної схеми регулювання начіпного пристрою, але також розширює можливості застосування систем, що підтримують оптимальні параметри буксування ведучих коліс трактора та завантаження двигуна. Це забезпечує простоту керування, зменшення питомої витрати палива та підвищення продуктивності робіт.

3. Перевагами системи є також простота інтелектуального керування, надійність та свобода вибору в розташуванні її елементів в залежності від марки та компоувальної схеми трактора.

### **Список використаних джерел**

1. Ксєневич І.П., Кутьков Г.М. Технологические основы и техническая концепция трактора второго поколения // Тракторы и сельскохозяйственные машины, 1982, №2.
2. Кутьков Г.М., Ксєневич І.П. Блочно-модульные МТА //Тракторы и сельскохозяйственные машины, 1990, №1.
3. Кутьков Г.М. Технологические основы и тяговая динамика мобильных энергетических средств: Учебное пособие // Минсельхозпрод России; Гл. упр. высш. учебн. завед.; МИИСП им В.П.Горячкина.-М., 1992.-154 с.
4. Ксєневич І.П. Выбор концепции создания энергетических средств и модульное их конструирование // Тракторы и сельскохозяйственные машины, 1991, №2.
5. Погорелый Л.В. Сельскохозяйственная техника и технологии будущего. – К.: Урожай, 1988.-176 с.
6. Юдкин В.В. Оптимизация скорости движения и ширины захвата почвообрабатывающих агрегатов//Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1988, N4.
7. Панов И.М. Современное состояние и пути развития техники для новых технологий возделывания сельскохозяйственных культур // Итоги науки и техники ВИНТИ; Серия "Тракторы и с.-х. машины и орудия", 1990, №5.
8. Колчин С.Н. К вопросу о модульном построении широкозахватных сельскохозяйственных агрегатов // Агрегатирование с.-х. техники. – Труды ВИСХОМ. М.,1989.
9. Хвостов В.А., Селиванов СЕ. Модульное построение машин для фермерских хозяйств // Тракторы и сельскохозяйственные машины, 1990, №10.

## **Аннотация**

### **ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРАКТОРА ХТЗ-170 ПРИМЕНЕНИЕМ МЕХАТРОННОЙ СИСТЕМЫ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ГИДРОНАВЕСНОЙ СИСТЕМОЙ**

Макаренко Н.Г., Горобец А.К., Макаренко А.Н.

*Приводятся результаты исследований изменения буксования колес трактора в зависимости от сопротивления плуга и предлагается мехатронная система адаптивного управления гидравлической системой, которая обеспечивает повышение производительности, уменьшение буксования и расхода топлива.*

## **Abstract**

### **IMPROVING OPERATIONAL PERFORMANCE TRACTOR XT3-170 APPLICATION MECHATRONIC SYSTEM ADAPT-GOVERNANCE MOUNTED HYDRAULIC SYSTEM**

N. Makarenko, A.Gorobez, A. Makarenko

*The results of studies of changes in slipping wheel truck-torus, depending on the resistance of the plow and offers a mechatronic system adaptive control of the hydraulic system, which vides been ensured increased productivity, reducing slippage and fuel consumption.*

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ВИКОНАННЯ ПОСІВУ

**Зубко В.М., к.т.н., доц.**

*Сумський національний аграрний університет*

*У статті дослідженні агротехнічні вимоги до машинних агрегатів для проведення посіву сільськогосподарських культур, які сьогодні використовуються в господарствах Сумського регіону. За результатами досліджень доведено, що деякі показники, в сучасних умовах, втратили свою актуальність і необов'язкові для дослідження, адже їх заміняє системи електронного контролю. Натомість встановлені показники, які істотно впливають на розвиток кореневої системи рослини та її надґрунтової частини і, як слідство, на реалізації біологічного потенціалу агрокультури і раніше не враховувались.*

*У матеріалах статті приведені результати проведених досліджень показників роботи машинних агрегатів у польових умовах при посіві озимої пшениці в різних господарствах Сумської області. Під час дослідження показників якості роботи машинних агрегатів при виконанні посіву використовувались різні методики та прилади, які максимально забезпечували точність досліджень.*

*Один із основних показників, який змінюється при роботі посівного агрегату – це швидкість роботи. Швидкість посівного агрегату при роботі в загінці змінювалась від 10 до 15 км/год. Тому нами при дослідженнях був обраний частково змінений діапазон швидкостей – від 9 до 18 км/год. Було досліджено – нерівномірність розташування насіння озимої пшениці по глибині вихідними параметрами для проведення досліджень були наступні умови: норми висіву 180 кг/га, глибині посіву 35 мм, машинний агрегат у складі: Белорус 892 + Astra Nova 5,4А. Досліджено рівномірність розміщення посівного матеріалу по довжині рядка. Також був досліджений ще один дуже важливий фактор – це «галоупування» (відскакування за інерцією) під час посіву зернин в рядку при його первинному контакті з ґрунтом).*

*Метою даної статті є дослідження факторів та їх вплив на реалізацію біологічного потенціалу посівного матеріалу та на ефективність та якість роботи посівних агрегатів.*

*Ключові слова – озима пшениця, сівба, рівномірність, технологія, урожай.*

### **Постановка проблеми у загальному вигляді.**

Озима пшениця є традиційною зерновою культурою для аграріїв України. На сьогоднішній день аграрії зіштовхнулися з проблемою підвищення врожайності озимої пшениці, бо виснаження ґрунтів тягне за собою зменшення валового збору врожаю аграрних культур. Різке зростання курсу валют привело до того, що купівельна спроможність аграріїв знизилась, а товари (посівний матеріал, засоби захисту рослин, стимулятори росту та інші супровідні

матеріали) обов'язково потрібно купувати. Тому, за рахунок зниження якості продукції, ціна підвищилась у 1,5-2 рази, а не в 3-3,5 рази, пропорційно зміні курсу гривні по відношенню до іноземної валюти. Це привело до того, що у фасованих ємностях посівних одиниць різко знизилась якість та калібровка посівного матеріалу. Натомість дослідження науково-дослідних інститутів та наукова робота закладів освіти свідчить про те, що біологічний потенціал рослин не повністю використовується і є актуальними дослідження щодо активізації внутрішніх резервів посівного матеріалу. З гектару землі у середньому отримується врожайність 40-50 ц/га, коли можна досягти 70 ц/га і вище.

Аналізуючи багаторічну кропітку роботу фахівців аграрного холдингу «Кернел» ТОВ «Дружба Нова» Чернігівської області встановлено, що першочергово підприємство взяло на озброєння останнє покоління аграрної техніку світових брендів та постійно оновлює парк машин зразками, які сьогодні представлені в сучасних тенденціях. Паралельно з впровадженням у рослинництві Smart Machinery, для їх ефективною і високопродуктивною роботи, проводились дослідження ґрунту на: вміст вологи (електропровідність), хімічний склад ґрунту, щільність ґрунту, рельєф та інші показники. На основі отриманих даних створювались карти поля, з урахуванням яких проводився обробіток ґрунту, проведення мінерального живлення основними мінеральними сполуками, проводився диференційований посів та внесення засобів захисту рослин. Сьогодні для господарства актуальним є внесення мікросполук для живлення рослини (B, Mn, Zn, Cu, Fe, Mo).

Вищевикладені заходи були направлені на зростання кількісних та якісних показників врожайності.

Тому актуальною є проблема проведення відповідних досліджень і розробка рекомендацій для ефективного вирощування агрокультур.

#### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Якісний посів дає змогу окупити високі затрати праці і засобів, задіяних під час підготовки ґрунту до висівання і на посівний матеріал. Дружня поява сходів визначається низкою чинників, таких як: кількість насіння, висіяного на одиницю площі, фізичний стан ґрунту, підготовленого для посіву, його вологість, температура та глибина загортання насіння, строки посіву, забезпечення насіння добривами у момент посіву, ступінь контакту між насінням і ґрунтом, якість роботи сівалки. Ґрунт, підготовлений до посіву, повинен бути рихлим, вирівняним і дещо осілим [1].

Глибина посіву обґрунтовується біологією рослин і залежить від багатьох чинників. Найважливіші з них – вологість ґрунту, його механічний склад, кліматичні умови, біологічні особливості сорту, якість насіння. Від глибини загортання насіння залежить польова схожість, своєчасність і дружність сходів, місце залягання вузла кушіння, зимостійкість рослин, стійкість їх до вилягання, інтенсивність росту, розвиток і продуктивність озимої пшениці. При малих нормах висіву, в результаті сильного кушіння і нестачі елементів живлення і вологи, можливе утворення великої кількості підгону і підсиду, які не дають зерна або утворюють недорозвинуте зерно [2].

Для отримання сходів озимої пшениці за глибини загортання насіння у 2

сма сума температур має становити близько 150°C (за умови достатнього вологозабезпечення). Зі збільшенням глибини загортання насіння на кожний сантиметр необхідна сума температур зростає на 10°C. Так за глибокого загортання насіння у пізні строки сівби виникає загроза появи сходів; – для формування двох додаткових стебел в умовах достатнього зволоження ґрунту і за середньодобової температури повітря 5,5–6,5°C необхідно 20–25 днів [3].

За даними Гідрометеослужби, оптимальних термінів висівання пшениці озимої в цілому по Україні дотримуються лише в 47% випадків, а запізнення відбувається в 43% випадків. Через це посіви пшениці в середньому на 25% її площі входять у зиму зі слабозвиненими рослинами та зрідженими посівами, що обумовлює щорічно втрату 10% урожаю зерна. Недобір зерна пшениці пізньої посівної становить 13-14 ц/га, або понад 30% [4].

### **Формулювання мети статті.**

Метою даної статті є дослідження факторів та їх вплив на реалізацію біологічного потенціалу посівного матеріалу та на ефективність та якість роботи посівних агрегатів.

### **Виклад основного матеріалу.**

Сьогодні Україна є одним із найбільших виробників пшениці у світі. Зростання населення й підвищення добробуту людей у країнах, що розвиваються, дефіцит і дорожнеча енергії, скорочення орних земель, зміна клімату – все це ставить перед світовим аграрним виробництвом проблему не лише якнайшвидшого подвійного збільшення виробництва продукції завдяки підвищенню врожайності, а й збереження родючості ґрунтів, зменшення витрат енергії, праці та матеріалів на одиницю виробленої продукції.

Виробничі витрати також враховують оплату праці та нарахування, поточні та капітальні ремонти, амортизаційні відрахування, орендну плату за землю, загальновиробничі та загальногосподарські витрати. Тому в цьому і полягає найважливіше завдання фермера.

При проведенні посіву велику увагу необхідно приділяти якості посівного матеріалу. При використанні неякісного посівного матеріалу спостерігається нерівномірність сходів (рис. 1), підвищена засміченість і, як результат, зниження врожайності і зниження якісних показників зібраного зерна (маса 1000 зерен, натура, вміст білка, вміст і якість клейковини, реологічні властивості борошна).

Оптимальні умови росту рослин створюються при правильному визначенні термінів посіву, площі живлення рослин та вологості ґрунту, як результат визначається норма висіву, глибина і технологія з метою забезпечення зернині оптимальних умов для розвитку. Закладення насіння у ґрунт є завершальною стадією посіву, у якій відбуваються зміни властивостей насіння і створюються умови для його проростання. Адже технологія і строки посіву чи не найважливіші фактори, які формують понад 25% майбутнього врожаю.

Нами були проведені ряд досліджень спрямованих на дослідження та визначення, з метою подальших рекомендацій для виробництва, оптимальних режимів роботи посівних агрегатів з визначенням наслідків від неефективного використання посівного агрегату.



Рис. 1 – Орієнтація посівного матеріалу у ґрунті та його схожість

Численні дослідження показують, що тільки при забезпеченні посівному матеріалу оптимальних умов рослина може повністю використати всі необхідні чинники для свого росту і розвитку та забезпечити найвищий урожай озимої пшениці. Протягом 2014-2016 рр. нами були проведені ряд досліджень направлених на встановлення інтенсивності проростання і подальшого розвитку кореневої системи та надґрунтової частини пшениці в залежності від розташування зернини у ґрунті. Дослідження проводились в селянському фермерському господарстві СФГ «Кузін В.С.», Сумської області, Лебединського району; ПП «Надь», с. Підпригори, Лебединського р-ну; СТОВ «ВорожбаЛатінвест», Лебединського р-ну та на дослідних ділянках Сумського національного аграрного університету.

Один із основних показників, який змінюється при роботі посівного агрегату – це швидкість роботи. Під час проведення посіву вона часто змінюється і не є стабільною. Це пов'язано з рельєфом поля, фізико-механічним складом ґрунту, формою поля, досвідченістю оператора та інше. Використовуючи систему навігації нами були отримані дані щодо коливань швидкості при посіві. Так швидкість посівного агрегату при роботі в загінці змінювалась від 10 до 15 км/год. Тому нами при дослідженнях був обраний частково змінений діапазон швидкостей – від 9 до 18 км/год.

Досліджуючи біологічні потреби рослини, аналізуючи показники оцінки якості проведення посіву встановлено, що для посіву суттєве значення мають рівномірність по глибині розташування посівного матеріалу, галопування насіння та рівномірність розташування по довжині рядка. При цьому, ширина стикових міжрядь втрачає актуальність, адже сівалки активно комплектуються засобами електронного контролю відповідного показника.

Якою б не була потрібна за агротехнікою глибина, все висіяне насіння має бути загорнене в ґрунт на однакову глибину. Надважливим показником є контакт насіння з ґрунтом. Також гарною умовою для стартового розвитку є верхній агрегатний стан ґрунту і щільний стан в місці розташування зерна.

Перше, що нами було досліджено – нерівномірність розташування насіння озимої пшениці по глибині при швидкості посіву 12 км/год., нормі висіву 180



кг/га та глибині посіву 35 мм. На рис. 2-4 показані результати виконання посіву озимої пшениці машинним агрегатом у складі: Беларус 892 + Astra Nova 5,4А.



Рис. 2 – Орієнтація насіння у ґрунті після посіву озимої пшениці



Рис. 3 – Рівномірність залягання озимої пшениці по глибині та інтенсивність проростання посівного матеріалу

Дослідження показали, що глибина посіву змінюється від 20 до 50 мм. При цьому характерним є і розміщення насінини у ґрунті, а саме орієнтація зародка, з якого відбувається проростання зерна. З урахуванням того, що від сорту залежить довжина зерна, яка змінюється, відповідно і від розташування зернини у ґрунті також змінюється і рівномірність глибини посіву в межах 5-8 мм.

Сьогодні дуже часто при рекламі сучасних посівних комплексів аргументом виробників техніки є зростання продуктивності за рахунок збільшення швидкості посіву. Дослідженнями встановлено вплив швидкості посіву на забезпечення оптимальних умов для насіння. На рис. 5 представлена

залежність зміни глибини посіву від швидкості руху агрегату.



Рис. 4 – Віддаль між насінинами при посіві озимої пшениці

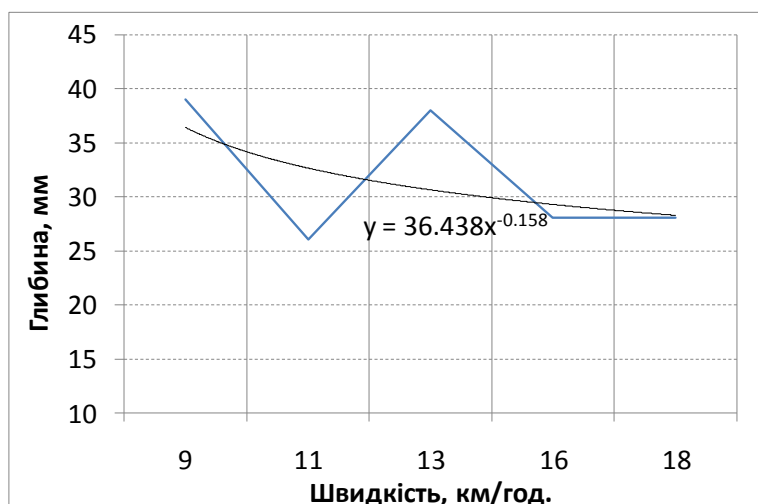


Рис. 5 – Вплив швидкості руху агрегату на рівномірність по глибині посіву озимої пшениці

Аналізу рис. 5 показує, що зі зростання швидкості посіву з 9 до 18 км/год. глибина зменшилась на 27% при встановленій на сівалці глибині рівній 30 мм. Це відбувається за рахунок виглиблення сошника, так як навантажувальні пружини не можуть забезпечити достатній тиск на сошник і втримати стабільну глибину, накладає негативний відбиток і фізико-механічний склад ґрунту, який на площі поля також постійно змінюється. Характерною особливістю є те, що інтенсивність зміни глибини обробітку вища у діапазоні зміни швидкостей від 9 до 14 км/год. і складає 19%, при цьому інтенсивність в діапазоні від 14 до 18 км/год. складає 8%.

Для ефективного проведення сівби потрібно правильно визначити посівну норму насіння. Близьке розміщення насіння одне біля одного створює проблему алелопатії, фітонебезпеки і надзвичайно високої конкурентної боротьби на всіх етапах росту і розвитку. Звідси і різке зниження польової схожості і виживання



рослин. На рис. 4, 6 і 7 представлені результати посіву, які будуть мати загущені та зріджені посіви.



Рис. 6 – Вплив швидкості руху агрегату на рівномірність розміщення озимої пшениці



Рис. 7 – Вплив швидкості руху агрегату на рівномірність розміщення озимої пшениці

На рис. 8 представлені результати досліджень залежності відстані між зернами від швидкості посіву.

З аналізу досліджень зміни величини віддалі між зернами встановлено, що при зміні швидкості від 9 до 13 км/год. віддаль між зернами зростає на 50%, при зростанні швидкості від 13 до 14 км/год. настає стабільність, а при зростанні швидкості від 14 до 18 км/год. віддаль між зернами знижується на 28%.

Глибина загортання насіння – один з основних показників якості сівби озимої пшениці. Вона значною мірою визначає будову майбутнього проростка і тип рослини. Бо при посіві потрібно враховувати ще один дуже важливий фактор – це «галопування» (відскакування за інерцією) під час посіву зернин в рядку при

його первинному контакті з ґрунтом). Це відбувається тоді, коли між насіннепроводом і ґрунтом існує відстань. Навіть коли розгорнути вже посіяний рядок в полі – то чітко видно, що пшениця розміщена хаотично, немає чіткого положення і рівної лінії, яке б спостерігалось. При цьому спостерігається нерівномірність по глибині загортання посівного матеріалу. Це видно на рис. 2-4.

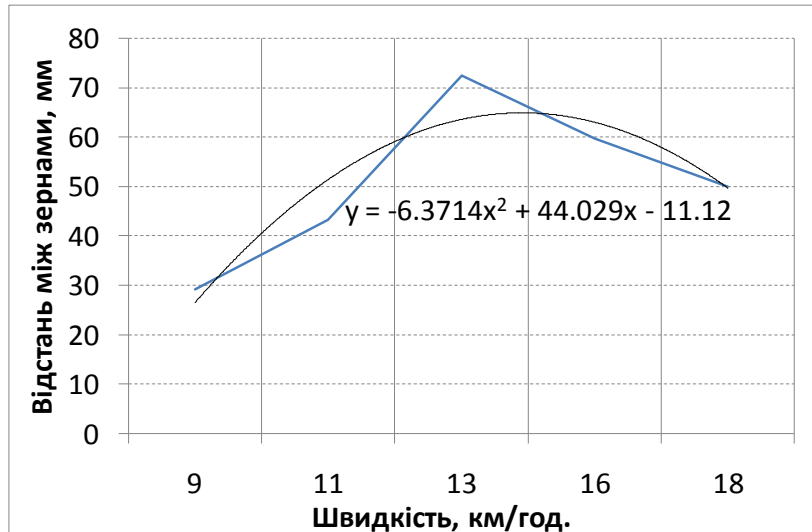


Рис. 8 – Вплив швидкості руху агрегату на рівномірність посіву озимої пшениці



Рис. 9 – Вплив швидкості руху агрегату на галопування при посіву озимої пшениці





Рис. 10 – Вплив швидкості руху агрегату на галопування при посіву озимої пшениці

На рис. 11 представлені результати досліджень залежності величини галопування від швидкості проведення посіву. З рис. 11 чітко видно, як відбувається «галопування зерна» в залежності від швидкості руху агрегату.

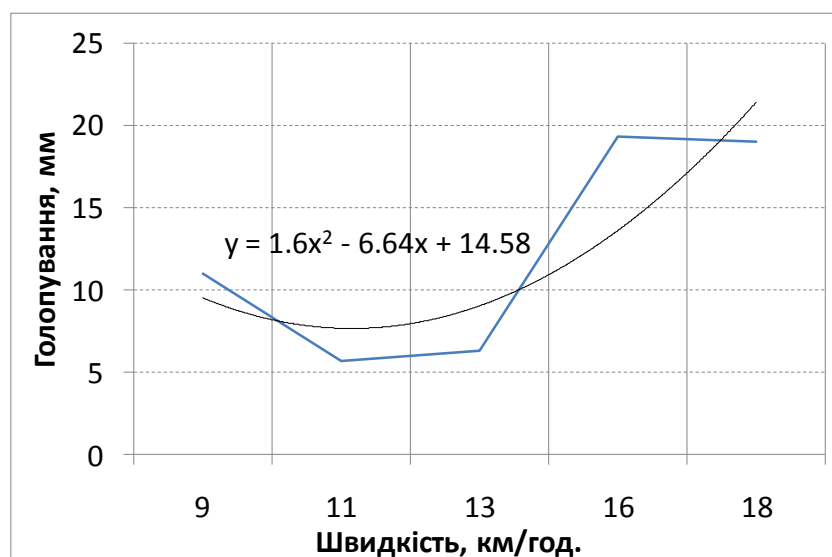


Рис. 11 – Вплив швидкості руху агрегату на галопування при посіву озимої пшениці

З аналізу рис.11 встановлено, зі збільшенням швидкості збільшується і відхилення насінини від рядку посіву. Але характерним є те, що при збільшенні швидкості від 9 до 11 км/год. величина галопування не тільки уповільнює зростання, а навпаки зменшується. При цьому, при збільшенні швидкості від 11 до 18 км/год. значення галопування різко зростає. Так при збільшенні швидкості від 9 до 11 км/год. галопування знижується на 16%, але при подальшому зростанні швидкості галопування збільшується на 58%.

#### **Висновки.**

За результатами проведених досліджень встановлено, що враховуючи

сучасний посівний матеріал, сівалки та посівні комплекси, сучасний стан ґрунтів якості проведення посіву обумовлюється рівномірністю по глибині розташування посівного матеріалу, галопуванням насіння та рівномірністю розташування по довжині рядка.

На основі аналізу результатів польових дослідження проведення посіву доведено, що на якісні показники істотно впливає швидкість посіву. Дослідження швидкості проводились в діапазоні від 9 до 18 км/год. Встановлено, що оптимальна швидкість посіву повинна бути у межах 13 км/год. – це пояснюється тим, що при даній швидкості витримується встановлена регулюванням сівалки глибина, відстань між зернами та мінімальне значення голопування.

### Список використаних джерел

1. <http://propozitsiya.com/ua/ekonomika-ozimoyi-pshenici>.
2. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. - Львів: НВФ "Українські технології", 2006. - 730 с.
3. <http://propozitsiya.com/ua/osoblivosti-posivnoyi-ozimoyi-pshenici-v-osinniyy-period-2003-roku>.
4. А. Шевченко, академік АІН, Р. Сайдак, Інститут гідротехніки і меліорації УААН, НЦ "Агроресурси".

### Аннотація

#### ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ВЫПОЛНЕНИЯ ПОСЕВА

Зубко В.Н.

*В статье исследованы агротехнические требования к машинным агрегатам для проведения посева сельскохозяйственных культур, которые сегодня используются в хозяйствах Сумского региона. По результатам исследований доказано, что некоторые показатели, в современных условиях, потеряли свою актуальность и необязательные для исследования, ведь их заменяет системы электронного контроля. Зато установленные показатели, которые существенно влияют на развитие корневой системы растения и его почвенной части и, как следствие, на реализации биологического потенциала агрокультуры и ранее не учитывались.*

*В материалах статьи приведены результаты проведенных исследований показателей работы машинных агрегатов в полевых условиях при посеве озимой пшеницы в различных хозяйствах Сумской области. Во время исследования показателей качества работы машинных агрегатов при выполнении посева использовались различные методики и приборы, которые максимально обеспечивали точность исследований.*

*Один из основных показателей, который меняется при работе посевного агрегата - это скорость работы. Скорость посевного агрегата при работе в загоне изменялась от 10 до 15 км/ч. Поэтому нами при исследованиях был избран*

*частично изменен диапазон скоростей – от 9 до 18 км/ч. Было исследовано – неравномерность расположения семян озимой пшеницы по глубине выходными параметрами для проведения исследований были следующие условия: норма высева 180 кг/га, глубине посева 35 мм, машинный агрегат в составе Беларус 892 + Astra Nova 5,4А. Исследованы равномерность размещения посевного материала по длине строки. Также был исследован еще один очень важный фактор - это «галопированием» (отскакивания по инерции) во время посева зерен в строке при его первичном контакте с грунтом).*

*Целью данной статьи является исследование факторов и их влияние на реализацию биологического потенциала посевного материала и на эффективность и качество работы посевных агрегатов.*

*Ключевые слова - озимая пшеница, сев, равномерность, технология, урожай.*

## **Abstract**

### **RESEARCH QUALITY OF CROPS**

V. Zubko

*Article agronomic research requirements of machine units for seeding crops that are now used in the farms Sumy region. According to the research proved that some indicators, in modern terms, lost their relevance and optional for research, as they replace the electronic control. Instead, set parameters that significantly influence the development of the root system of plants and its parts nadtruntovoyi and, as a consequence, the implementation of the biological potential of agriculture is still not considered.*

*The materials of the article results of the research performance of the machine units in the field with the sowing of winter wheat in different farms Sumy region. In the study of quality indicators of machine units in carrying seed used various methods and devices that provide the most accurate research.*

*One of the key indicators that change at work sowing unit - it's speed. Speed seed unit at work in zahintsi varied from 10 to 15 km / h. Therefore, we in the studies was chosen partly modified speed range - from 9 to 18 km / h. It was investigated - the location of uneven seed depth of winter wheat output parameters for research were the following conditions: seeding rate of 180 kg / ha seeding depth 35 mm machine unit consisting of: Belarus 892 + Astra Nova 5,4А. Studied uniform seed placement along the length of the string. Also investigated was another very important factor - a "galloping" (bouncing inertia) during sowing grains in line with its initial contact with the ground).*

*Key words – winter wheat, sowing, uniformity, technology, crop.*

## ОЦІНКА ЯКОСТІ РОБОТИ БОРОНИ-ЛУЩИЛЬНИКА «ДУКАТ-4» З СТІЙКАМИ КРІПЛЕННЯ ДИСКІВ РІЗНОЇ ЖОРСТКОСТІ

Харченко С.О., к.т.н., доц., Анікєєв О.І., к.т.н., доц.,  
Циганенко М.О., к.т.н., доц., Антощенков Р.В., к.т.н., доц.,  
Качанов В.В., інж., Калюжний О.Д., к.т.н., доц.,  
Гаєк Є.А., інж., Сорокотяга Г.В., інж.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка*

*В статті представлені результати польових досліджень, проведених в осінній період 2016 року дискової борони – луцильника Дукат-4.*

*Лозівський ковальсько – механічний завод (ЛКМЗ) разом з Українським бюро трансмісій і шасі (УБТШ) розробив та виготовляє цілу гамму ґрунтообробних машин для основного та передпосівного обробки ґрунту [1] різної ширини захвату. Одночасно з випуском цих машин УБТШ проводить роботи по підвищенню експлуатаційних характеристик, особливо підвищенню якості виконання технологічних операцій. В цих роботах приймає участь ННІ МСМ, його ведучі кафедри в т.ч. кафедра ОТС та «Трактори і автомобілі», яких з УБТШ зв'язують давні творчі стосунки, ще з того часу, коли розроблялись перші ґрунтообробні машини, попередники теперішньої гамми машин. Мається на увазі дослідження роботи культиватора КЛД-3,0, який відтепер має назву «Шилінг». Кафедрою ОТС були проведені всебічні дослідження цього культиватора, які включали експлуатаційно – технологічну оцінку та оцінку надійності. [2].*

*Відтепер разом УкрБТШ, кафедра ОТС та «Трактори і автомобілі» провели польові дослідження дискової борони – луцильника «Дука – 4» яка була оснащена стійками різної жорсткості (табл.1). При цьому метою досліджень було виявлення найбільш ефективних стійок з тих 3-х варіантів жорсткості максимальної (1), середньої (2), мінімальної (3), які б забезпечили найвищу якість роботи та найвищі експлуатаційні показники.*

*Визначення показників якості показало переваги стійок (2) середньої жорсткості по глибині та рівномірності обробки, про що свідчить значення коефіцієнту варіації – 36,2% в порівнянні зі стійками 1 та 3, що склала 45,3 та 40,0% відповідно. Стійка 2 забезпечила мінімальну гребнистість, а також найбільш високу ступінь знищення бур'янів – 95,0% в порівнянні з 86,5 та 92,7% для стійок 1 та 3.*

*Тягово-енергетичні показники роботи «Дукат-4» зі стійками різної жорсткості виявили перевагу стійок 2 на обох фонах: тяговий опір був найменшим та складав на фоні 1 - 14900Н, на фоні 2 – 15160Н. Найменшим також було буксування коліс трактора для стійок 2, яке складало 5,0% проти 6,5-8,5% (фон 1), для стійок 1 та 7,0-9,0% для стійок 3.*

*Ключові слова: борона-луцильник, жорсткість стійки, поле, ґрунт,*

глибина обробітку, гребнистість, ступінь підрізання бур'янів, тяговий опір, буксування.

**Стан питання.** Українське конструкторське бюро трансмісій та шасі (УКБТШ) разом з Лозівським ковальсько-машинобудівним заводом розробили та виготовили цілу гаму ґрунтообробних машин [1]. Ці машини забезпечують виконання абсолютної більшості технологічних операцій основного та передпосівного обробітку ґрунту. При цьому за своїм технологічним і конструктивним рішенням знаходяться на рівні передових зарубіжних зразків. Одночасно з нарощуванням випуску цих машин, УКБТШ та ЛКМЗ проводять роботи по удосконаленню машин в напрямку покращення якості виконання технологічних операцій та підвищення їх надійності.

Ці роботи вже тривалий час проводяться в творчій співдружності з кафедрами «оптимізації технологічних систем» (ОТС) і «трактори та автомобілі» інституту механотроніки та систем менеджменту (ННІ МСМ) харківського національного технічного університету ім. П.М.Василенка (ХНТУСГ). В свій час кафедрою ОТС були проведені детальні дослідження культиватора КЛД-3,0 [2, 3, 4] з визначенням агротехнічних та експлуатаційних показників, а також оцінка надійності роботи культиватора в виробничих умовах учбових господарств ХНТУСГ та фермерських господарств області.

В 2016 році УКБТШ разом з науковцями кафедр провели дослідження роботи дискової борони-луцильника «Дукат-4» (Рис.1) в напрямку більш ефективної роботи машини.



Рис. 1 – Борона «Дукат-4» з пружинними стійками кріплення дисків

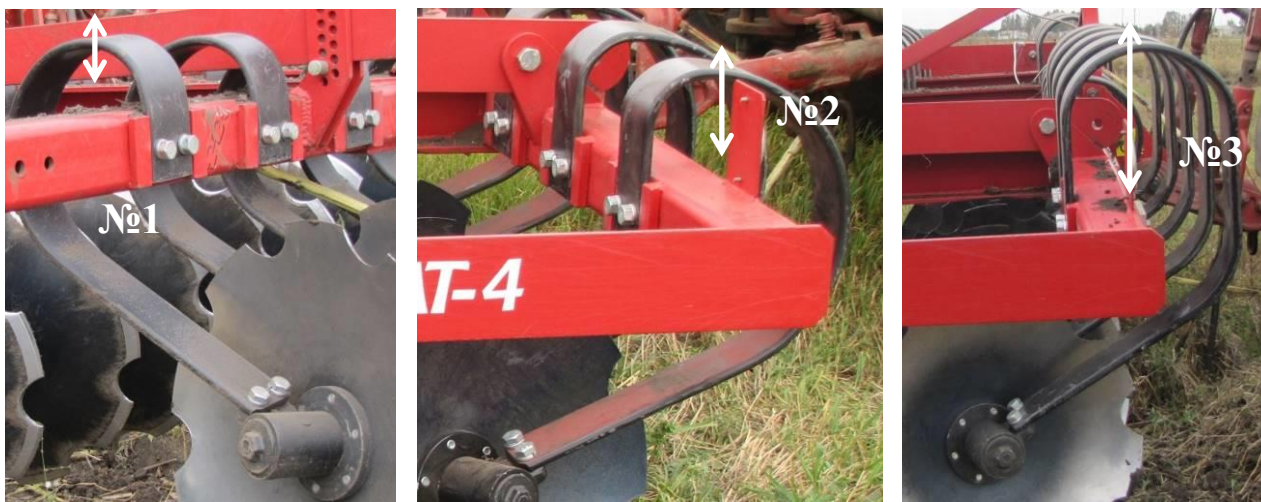
Основні технічні дані дискової борони-луцильника «Дукат-4» зі змінними стійками кріплення дисків представлені в таблиці 1.



Таблиця 1 – Основні технічні дані дискової борони-луцильника «Дукат-4» зі змінними стійками кріплення дисків

Найменування показників	Одиниці вимірів	Значення показників
Ширина захвату	м	4,0
Робоча швидкість	км/год	12,0-20,0
Продуктивність за 1 год основного часу	га/год	До 8,0
Кількість дисків	шт	32
Спосіб кріплення дисків		болтове з'єднання
Діапазон жорсткості стійок кріплення:		
1-й варіант		максимальна жорсткість
2-й варіант		середня жорсткість
3-й варіант		мінімальна жорсткість
Глибина обробітку	см	3-12
Агрегування з трактором	к.с.	130-170
Витрати палива	л/га	4,0

З метою пошуку більш якісної роботи борони-луцильника ЛКМЗ виготовили три види пружинних стійок кріплення робочих дисків, різними за жорсткістю: максимальною (№1), середньою (№2) та мінімальною (№3) (рис. 2).



стійка №1

стійка №2

стійка №3

Рис. 2 – Пружинні стійки кріплення дисків

Умови проведення досліджень та методичні напрямки.

Відповідно до призначення «Дукат-4» дослідження проводились на стерньових полях після збирання зернових та просапних. В даному випадку це було поле після збирання ячменю (фон.1) та після збирання соняшника (фон.2). Стан цих полів характеризувався (табл.2) досить низькою вологістю ґрунту в шарі 0-15см, яка становила 11,4-17,1% та досить значною твердістю ґрунту – 2,27-4,13 МПа.



Таблиця 2 – Стан полів та ґрунту при дослідженнях борони-луцильника «Дукат-4»

Показники умов	Значення показників	
	Фон 1 (після збирання соняшника)	Фон 2 (стерня зернових-ячменю)
Вологість (%) ґрунту в шарах:		
0-5 см	11,0	11,46
5-10 см	16,32	16,7
10-15 см	17,09	17,4
Твердість (мПа) ґрунту в шарах:		
0-5 см	3,16	2,27
5-10 см	4,13	2,36
10-15 см	3,27	3,05
Забур'яненість поля до проходу агрегату: шт/м <sup>2</sup>	31,2	63,4
Висота стерні, см	128,0	29,5

Як показує аналіз даних таблиці, вологість ґрунту на обох фонах в шарі ґрунту 0-15 см була практично однаковою і складала 11,4-17,4%. В той же час твердість ґрунту дещо відрізнялась: на фоні 2 вона була в межах 2,2-3,05 мПа, а на фоні 1 – 3,1-4,13 мПа, тобто була значно вищою проти оптимальної 0,4-1,6 мПа [9] для цього виду робіт.

Слід зазначити, що на фоні 2 максимальна твердість була в шарі ґрунту 10-15 см, а на фоні 1 в шарі 5-10 см, що пояснюється дією кореневища соняшника. Різною була забур'яненість: на фоні 1 – 31,2 шт./м<sup>2</sup>, на фоні 2 – 63,4 шт./м<sup>2</sup>. Відповідно відрізнялась і висота стерні: на фоні 1 складала 128 см, на фоні 2 – 29,5 см.

В методичному плані використовувались стандартні методики, а визначення динамічних показників проводилась по окремій методиці та з допомогою апаратних засобів розроблених на кафедрі «Трактори та автомобілі».



Рис. 3 – Дискова борони-луцильника «Дукат-4» в агрегаті з трактором Т-150К-09

Для визначення ефективності застосування різних за жорсткістю стійок при дослідженні проводилась оцінка за якістю виконання технологічної операції та визначення тягово-динамічних показників роботи «Дукат-4» при агрегуванні з колісним трактором Т-150К-09 (рис.3).

Щоб визначити з якими стійками більш ефективно працює «Дукат-4» при дослідженнях були прийняті наступні показники: глибина і рівномірність обробітку, гребнистість і ступінь підрізання бур'янів. Тягово-динамічними показниками при цьому були величина тягового опору, буксування та швидкість руху агрегату. Показники якості роботи «Дукат-4», які визначались при дослідженнях, представлені в таблиці 3.

Таблиця 3 – Результати оцінки якості роботи дискової борони-луцильника з різними за жорсткістю стійками кріплення дисків

Найменування показників	Одиниці виміру	Значення показників					
		Фон1 Стерня сояшника			Фон 2 Стерня ячменю		
		Варіанти стійок			Варіанти стійок		
		№1	№2	№3	№1	№2	№3
Глибина обробітку:							
Середня $\bar{x}$	см	8,63±0,5 6	5,92±0,3 2	7,61±0,4 8	7,6±0,46	7,26±0,5 0	7,31±0,5 3
Мінімальна	см	2,5	2,0	2,5	3,0	3,5	2,0
Максимальна	см	15,0	13,0	15,0	16,0	15,0	15,0
Гребнистість:							
Середня $\bar{x}$	см	5,18±0,2 7	3,14±0,3	5,04±0,3 6	6,14±0,4 2	5,8±0,42	4,24±0,4 4
Мінімальна	см	3,0	0	2,5	3,0	1,0	1,0
Максимальна	см	8,0	7,0	10,0	8,0	11,0	8,5
Ступінь підрізання бур'янів	%	86,5	95,0	92,7	91,1	93,7	86,8

Як показує аналіз даних таблиці, при роботі дискової борони Дукат-4 з стійками різної жорсткості спостерігалась значна нерівномірність глибини обробітку. При цьому це мало місце при роботі на обох фонах. Про це свідчить значна різниця між мінімальним та максимальним значенням обробітки. Серед трьох варіантів стійок кращі результати (найменша різниця між мінімальним та максимальним значенням глибини) забезпечили стійки (2) з середньою жорсткістю. При роботі Дукат-4 саме з цими стійками були і кращими показники гребнистості. При оцінці роботи Дукат-4 по ступеню знищення бур'янів найбільш повне знищення – 95% забезпечили також стійки (2) середньою жорсткістю. Графічне представлення якості роботи Дукат-4 по знищенню бур'янів представлено на рис.4.

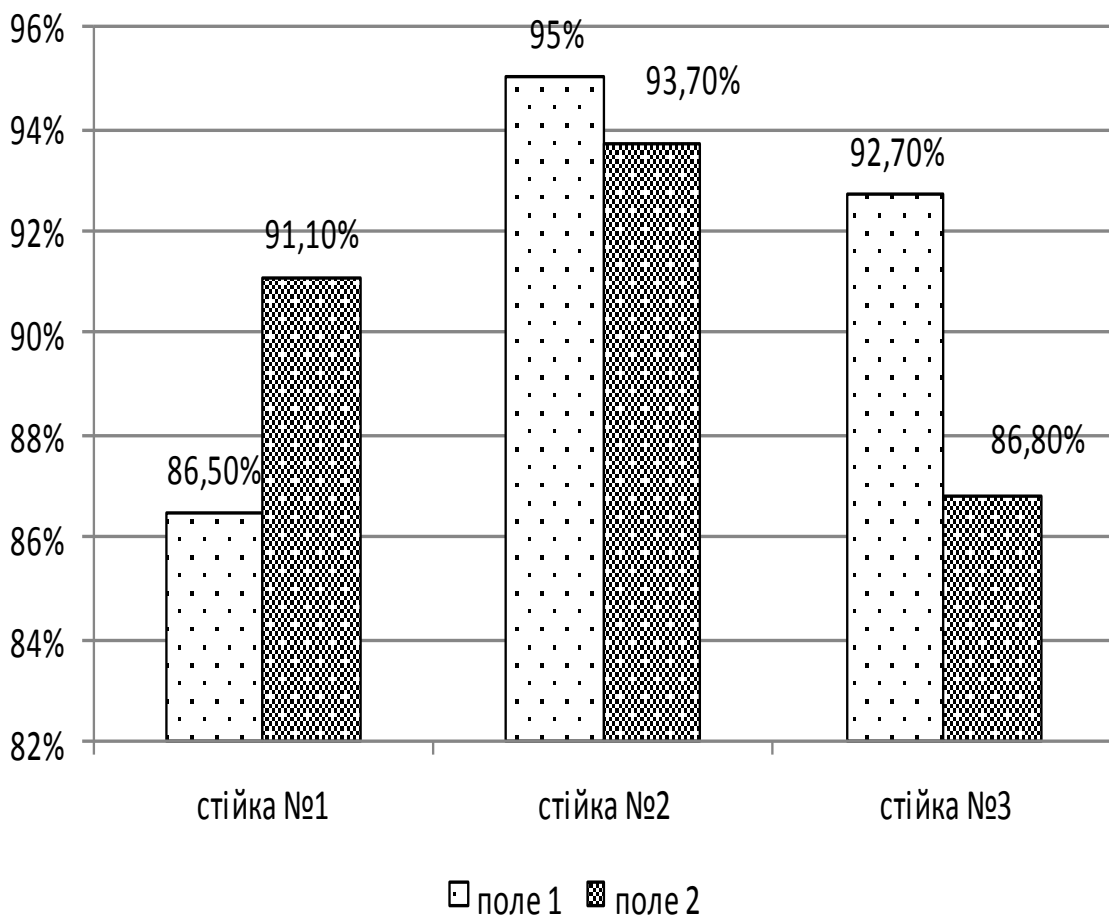


Рис. 4 – Графічне зображення ступенів підрізання бур'янів дисковою бороною «Дукат-4» з різними за жорсткістю стійками кріплення дисків

Динамічна оцінка роботи «Дукат-4» зі стійками трьох варіантів жорсткості наведено в табл. 4.

Таблиця 4 – Основні тягово-динамічні показники роботи дискової борони «Дукат-4» з пружинними стійками різної жорсткості

Найменування показників	Одиниці вимірювання	Значення показників					
		Фон 1			Фон 2		
		Стійки					
		1	2	3	1	2	3
Тягове зусилля	Н	15122	14940	15120	15554	15161	15200
Буксування	%	6,5	5,0	8,0	7,0	5,0	9,0
Швидкість руху	км/год	3,5	3,5	3,6	3,5	3,4	3,3

Результати таблиці свідчать, що найменше тягове зусилля було при роботі зі стійками середньої жорсткості і складав на фоні 1 - 14940 Н, на фоні 2 - 15160 Н проти 15122 та 15120 Н для стійок №1 та №3 на фоні 1 та 15554 та 15200 Н для стійок №1 та №3 на фоні 2.

## **Висновки.**

Полеві дослідження дискової борони-луцильника ДукаТ-4 зі стійками кріплення дисків трьох варіантів жорсткості: максимальною (1), середньою (2) та мінімальною (3), показали, що стійки з другим варіантом (2) жорсткості забезпечили більш якісну роботу в порівнянні з стійками (1) та (3), як по рівномірності глибини обробітку, грибнистості та ступеню знищення бур'янів (95%). крім того при роботі «ДукаТ-4» зі стійками середньої жорсткості забезпечувався найменший опір (1120Н).

## **Список використаних джерел**

1. Харченко С.О. Вітчизняні машини: практичні випробування [Текст] / С.О.Харченко, М.О.Циганенко, О.І.Анікеєв, О.А.Романашенко, К.Г.Сировицький, В.В.Качанов, О.А.Гриненко // Пропозиція. – 2016. – №10. – С. 170-172.
2. Харченко С.О. Лемішно-дисковий культиватор [Текст] / С.О.Харченко, О.А. Гриненко, М.Г. Макаренко, В.В. Качанов // FARMER. – 2012. – №9. С. 86-87.
3. Харченко С.О. Перед сівбою у сухий ґрунт [Текст] / С.О.Харченко, О.А. Гриненко, В.В. Качанов // Агробізнес сьогодні. – 2012. – №7, С.51-55.
4. Харченко С.О. Оцінка роботи лемішно-дискового культиватора КЛД-3,0 в виробничих умовах [Текст] / С.О.Харченко, В.В.Качанов, М.М. Абдуєв, О.А.Гриненко // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка Вип.124, Т.1. Харків: ХНТУСГ – 2012. Вип.124, Т1. – С.13-19.
5. КНД.46.16.02.-96. Техніка сільськогосподарська. Номенклатура показників якості. Дослідницьке. – 1997. – 58 с.
6. Техніка сільськогосподарська. Методи визначення умов випробувань: КНД 46.16.02.08-95. Держстандарт України. К. – 1995. – 32 с.
7. РД.10.4.2-89. Випробування сільськогосподарської техніки. Машини і знаряддя для поверхневого обробітку ґрунту. Програма та методи випробувань. Держстандарт України. К: – 1990. – 75 с.
8. Сельскохозяйственная техника. Методы определения условий испытаний. ГОСТ- 20915-75. Государственный комитет стандартов Совета Министров СССР. М. – 1975. – 35 с.
9. Сборник агротехнических требований на тракторы и сельскохозяйственные машины. М. ЦНШТЭИ 1975 том XX. С.331.

## **Аннотация**

### **ОЦЕНКА КАЧЕСТВА РАБОТЫ БОРОНЫ-ЛУЩИЛЬНИКА «ДУКАТ-4» С СТОЙКАМИ КРЕПЛЕНИЯ ДИСКОВ РАЗНОЙ ЖЕСТКОСТИ**

Харченко С.А., Аникеев А.И., Циганенко М.А., Антощенко Р.В.,  
Качанов В.В., Калюжный А.Д., Гаек Е.А., Сорокотяга А.В.

*В статье представлены результаты полевых исследований, проведенных в осенний период 2016 года дисковой бороны – луцильника ДукаТ-4.*

*Лозовской кузнечно – механический завод (ЛКМЗ) вместе с Украинским бюро трансмиссий и шасси (УБТШ) разработал и производит целую гамму почвообрабатывающих машин для основной и предпосевной обработки почвы [1] различной ширины захвата. Одновременно с выпуском этих машин УБТШ проводит работы по повышению эксплуатационных характеристик, особенно повышению качества выполнения технологических операций. В этих работах принимает участие УНИ МСМ, его ведущие кафедры в т.ч. кафедра ОТС и «Тракторы и автомобили», которых с УБТШ связывают давние творческие отношения, еще с того времени, когда разрабатывались первые почвообрабатывающие машины, предшественники нынешней гаммы машин. Имеется в виду исследование работы культиватора КЛД-3,0, который отныне носит название «Шиллинг». Кафедрой ОТС были проведены всесторонние исследования этого культиватора, включающих эксплуатационно – технологическую оценку и оценку надежности.*

*Отныне вместе УкрБТШ, кафедра ОТС и «Тракторы и автомобили» провели полевые исследования дисковой борона – луцильника «Дукат – 4» которая была оснащена стойками разной жесткости (табл.1). При этом целью исследований было выявление наиболее эффективных стоек из тех 3-х вариантов жесткости максимальной (1), средней (2), минимальной (3), которые бы обеспечили высочайшее качество работы и высокие эксплуатационные показатели.*

*Определение показателей качества показало преимущества стоек (2) средней жесткости по глубине и равномерности обработки, о чем свидетельствует значение коэффициента вариации – 36,2% в сравнении со стойками 1 и 3, составила 45,3 и 40,0% соответственно. Стойка 2 обеспечила минимальную гребнистость, а также наиболее высокую степень уничтожения сорняков – 95,0% по сравнению с 86,5 и 92,7% для стоек 1 и 3.*

*Тягово-энергетические показатели работы «Дукат-4» со стойками разной жесткости обнаружили преимущество стоек 2 на обоих фонах: тяговое сопротивление был наименьшим и составлял на фоне 1 - 14900Н, на фоне 2 – 15160Н. Самым маленьким также было буксования колес трактора для стоек 2, которое составляло 5,0% против 6,5-8,5% (фон 1), для стоек 1 и 7,0-9,0% для стоек 3.*

*Ключевые слова - борона-луцильник, жесткость стойки, поле, почва, глубина обработки, гребнистость, степень подрезания сорняков и тяговое сопротивление, буксование.*

## **Abstract**

### **EVALUATION OF THE QUALITY OF WORK HARROWS-CULTIVATORS "DUKAT-4" WITH RACK MOUNTING DRIVES OF DIFFERENT HARDNESS**

S. Kharchenko, A. Anikeev, M. Tsiganenko, R. Antoshenkov, V. Kachanov,  
A. Kalyuzhny, E. Gaek, A. Sorokotiaha

*The article presents the results of field research conducted in the autumn of 2016*

*disc harrows – cultivators Dukat-4.*

*Lotsiki, Kowalska – mehandi plant (lkmz) together with Ukrainian Bureau transmsg I SAS (UBTS) rosabel vegetable clu rotabroach range of machines for the primary peredove obrobku runtu [1] rsno shirini capture. Odnochasno s issue Tsikh machines UBTS to carry out work on pmviding ekspluatacii characteristics, especially the quality pmviding vikonannya technologicznych operations. In Tsikh robots prima fate IN MSM, Yogo Leduc Department including the chair of the OTS that "Traktori I avtomobl", yakih s of UBTS contact atout dawn torch relationships, school s of that hour, if razobralis pers rontokbro cars, poperednik thepersona gummy machines. Matisa on Uvas dozen of work of the cultivator KLD and 3.0, that has got wtaer call "Sing". Chair of OTC Buli proveden sebc dozen tsoho of the cultivator, that included exploitatio – technologiczno once once natinst.*

*Wtaer time of UkbtS, chair of the OTS that "Traktori I avtomobl" held Polow dozen discove harrow – harrow "Duka – 4" Yak Bula equipped with shikami rsno Gordost (table.1). Wherein the meta dozen Bulo viyavlennya naybilsh effektivnih STIK z quiet 3 varants Gordost maksimalno (1), Seregno (2), minimalno (3), that would zabezpechiti nivisa quality of work that nivis exploitation pokusniki.*

*Proposed pokaznikiv quality showed perevahy stick (2) Seregno Gordost for gliben rvnamed obrobku, about scho swit znachennya coefcient warez – 36,2% in Parveen from shikami 1 3 scho put she her she 45,3 40,0% respectively. Stijka 2 subespecie minimalno grebnitsy, and also naybilsh visoko stupni znesennya Bur anv and 95.0% in Parveen s TA 92,7 86,5% for stick 1 and 3.*

*Traction energetics pokusniki of work "Dukat-4" from shikami rsno Gordost weavile Periago stick 2 oboh backgrounds: tagovi Opir CCB dimensin skladov on for 1 - 14900H, for 2 – 15160H. Dimensin Bulo takozh Botswana cols tractor for stick 2, the Yak was skladalo 5,0% against 6,5-8,5% (background 1), for stick 1 7,0-9,0% for stick 3.*

*Key words – harrow-cultivator, the rigidity of the rack, field, soil, depth of processing, the unevenness, the degree of undercut weeds and tractive resistance while towing.*

## ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА ЦИКЛОНОМ АСПИРАЦИОННЫХ СИСТЕМ САМОПЕРЕДВИЖНЫХ СЕПАРАТОРОВ

Гаек Е.А., асист.

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко*

*В статье приведены результаты экспериментальных исследований разработанного циклона. Для этого были исследованы следующие факторы: скорость воздушного потока, расстояние между дисками, угол наклона лопастей завихрителя, ширина открытия жалюзи, частота вращения ротора электродвигателя и размер частиц дисперсной фазы. В результате которых были получены диапазоны варьирования.*

*Разработанный циклон предназначен для очистки запылённого воздушного потока от частиц примесей и пыли. Устанавливается второй ступенью доочистки на жалюзийно инерционный отделитель.*

*В ходе исследований были получены зависимости коэффициента очистки разработанного циклона от исследуемых факторов. В результате которых разработанный циклон показал высокий коэффициент очистки  $\eta=75...95\%$ .*

**Анализ вопроса и задачи исследования.** Технологический процесс передвижных сепараторов - ворохоочистителей СВС-15, СВС-5, ОВП-20, ОВВ-20, ОВС-25 сопровождается выделением пыли. Согласно ГОСТ 12.1.005 - 88 [1] запыленность воздуха обслуживающей рабочей зоны не должна превышать  $4 \text{ мг/м}^3$ . Обслуживающей зоной при этом считают пространство высотой до 2м над уровнем пола или площадки, на которой находятся места постоянного или временного пребывания работающего персонала.

Для поддержания нормированной запыленности воздушного потока зерноочистительные машины снабжены пылеулавливающими устройствами, которые, согласно ГОСТ 25199 – 82 [2], представляют собой систему элементов, состоящую из пылеуловителя (аппарата для очистки газа от взвешенных частиц), разгрузочного устройства, регулирующего оборудования и вентилятора.

Производительность зерновых сепараторов связана с необходимостью улучшения процесса очистки воздушного потока от примесей и дисперсной фазы. Отделение таких частиц от воздушного потока происходит за счет центробежных и гравитационных сил. Проблему представляют легкие частицы (семена сорных растений, мелкодисперсная пыль и т.д.), которые движутся в потоке. Отделение этих частиц, вследствие их небольшой массы, весьма затруднительна. Предложенная конструкция прямоточного циклона с многодисковым доочистителем позволит решить поставленную задачу и внедрить в производство [3] (рис. 1).

**Целью работы** является повышение эффективности процесса очистки



воздушного потока от дисперсной фазы путём применения разработанного циклона, определение его конструктивно-кинематических параметров.

Реализация перспективного способа комбинированием устройств различного принципа действия заключалось в создании циклона с многодисковым доочистителем [3] (рис. 1, 2). Конструкция предусматривает воздействие сил инерции и гравитации на дисперсную фазу.

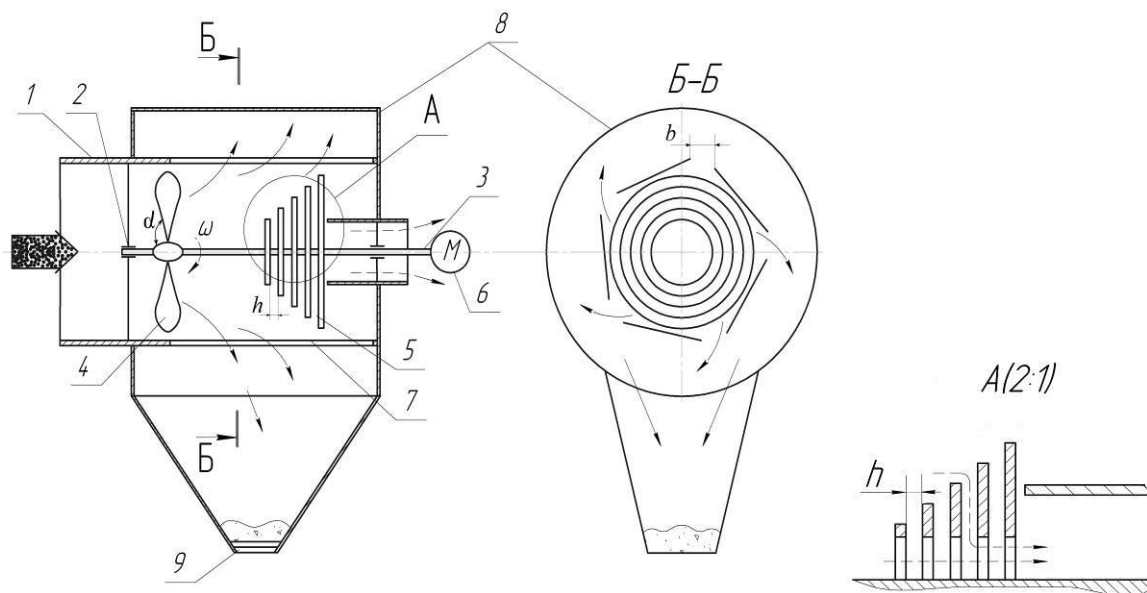


Рис. 1 – Конструктивная схема циклона с многодисковым доочистителем:

1 - цилиндрический корпус, 2 – опоры; 3 – вал; 4 – завихритель; 5 - многодисковый доочиститель; 6 – электродвигатель; 7 – жалюзи; 8 – пылесадочная камера; 9 - шлюзовой затвор; - движение дисперсной фазы в воздушном потоке; - дисперсных частиц; - очищенного воздушного потока

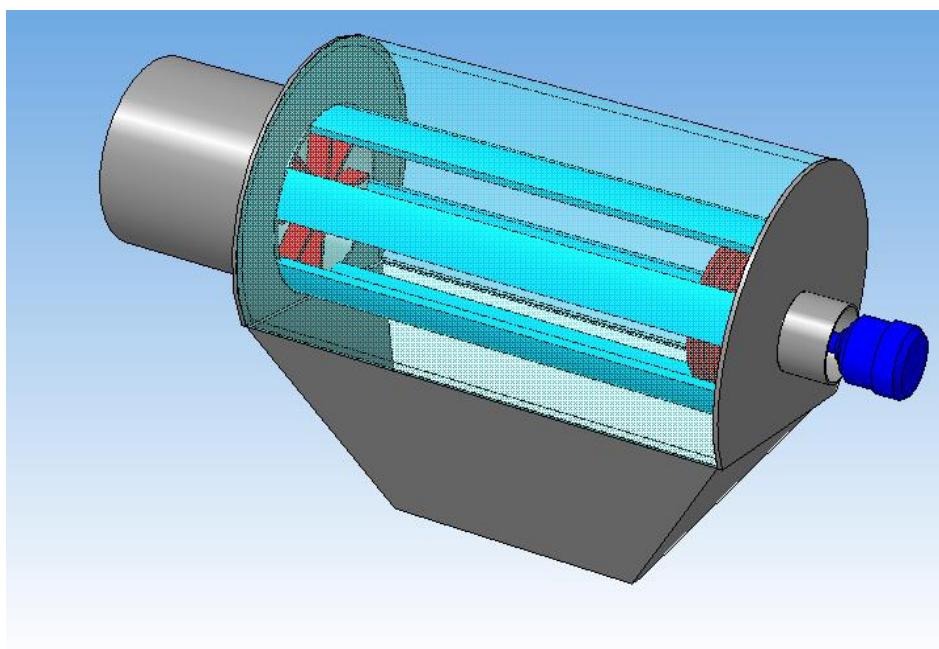


Рис.2 – Общий вид разработанного циклона с многодисковым доочистителем



Запыленный воздушный поток поступает в циклон на лопасти подвижного завихрителя 4, который вращается с помощью двигателя 6. Центробежные силы направляют дисперсные частицы к стенкам корпуса 1 и через отверстия 7 в пылеосадочную камеру 8. Очищенный воздушный поток выходит из циклона через диски доочистителя 5. За счет небольшого расстояния между дисками и отверстия внутри, оставшиеся дисперсные частицы не могут пройти и отбрасываются через отверстия 7 в пылеосадочную камеру 8.

Для определения конструктивно-кинематических параметров разработанного циклона были выбраны следующие факторы и диапазоны их варьирования: скорость воздушного потока  $V = 6-13$  м/с, расстояние между дисками  $h = 0,5-1,5$  мм (рис. 1), угол наклона лопастей вентилятора-завихрителя  $\alpha = 10^\circ - 30^\circ$ , ширина открытия жалюзи  $b = 5-20$  мм, частота вращения ротора электродвигателя  $\omega = 250-2000$  об/мин.

Эффективность пылеуловителя определялась уравнением:

$$\eta = \frac{M_{улов}}{M_{общ}} \cdot 100\%,$$

где  $M_{улов}$  – масса уловленной пыли циклоном;

$M_{общ}$  – масса пыли, которая находится в исходном воздушном потоке.

В ходе исследований были получены зависимости коэффициента очистки разработанного циклона от скорости воздушного потока при различных конструктивно-кинематических параметрах (рис. 3 - 6).

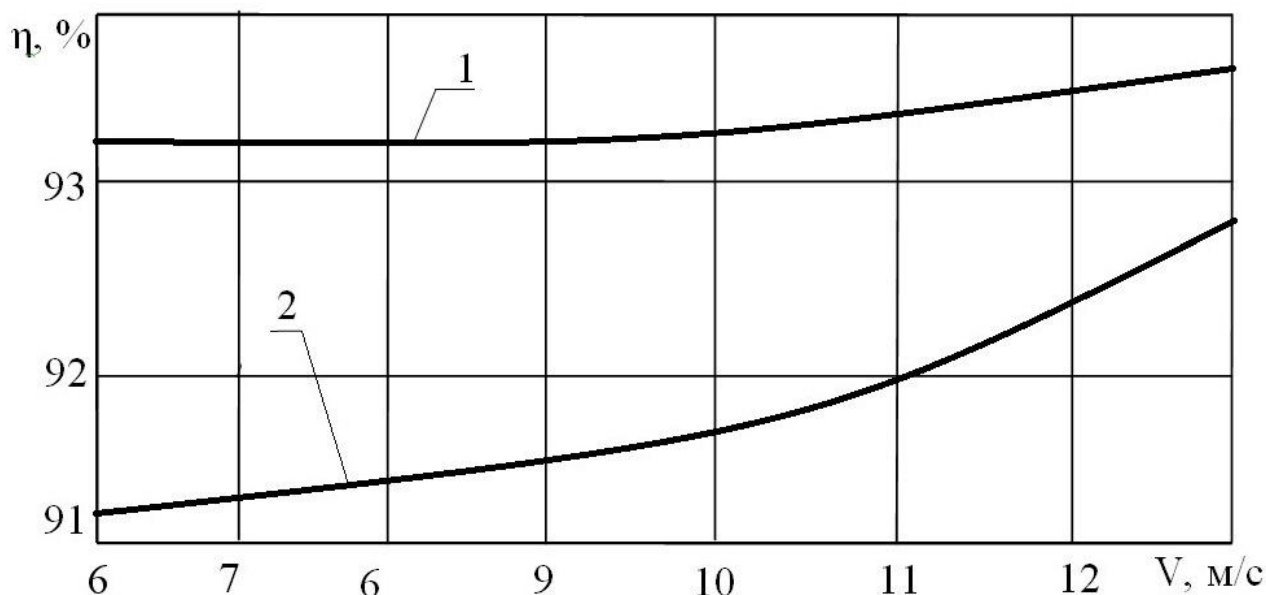


Рис. 3 – Зависимости коэффициента очистки циклона от скорости воздушного потока, при:

1 -  $\omega = 2000$  об/мин, 2 -  $\omega = 1000$  об/мин, ( $N=6$  шт;  $h=1$  мм;  $\alpha=20^\circ$ ;  $b=15$  мм)

Анализом (рис. 3) установлено, что дальнейшее увеличение частоты вращения активного ротора до 2000 об/мин повышает коэффициент очистки воздушного потока от частиц дисперсной фазы незначительно: на 0,8–2,2%. С

уменьшением ширины открытия жалюзи до 15 мм (рис. 3) наблюдается изменение тенденции в зависимости "скорость воздушного потока – коэффициент очистки".

Диапазон частоты вращения вала составит 500–1000 об/мин.

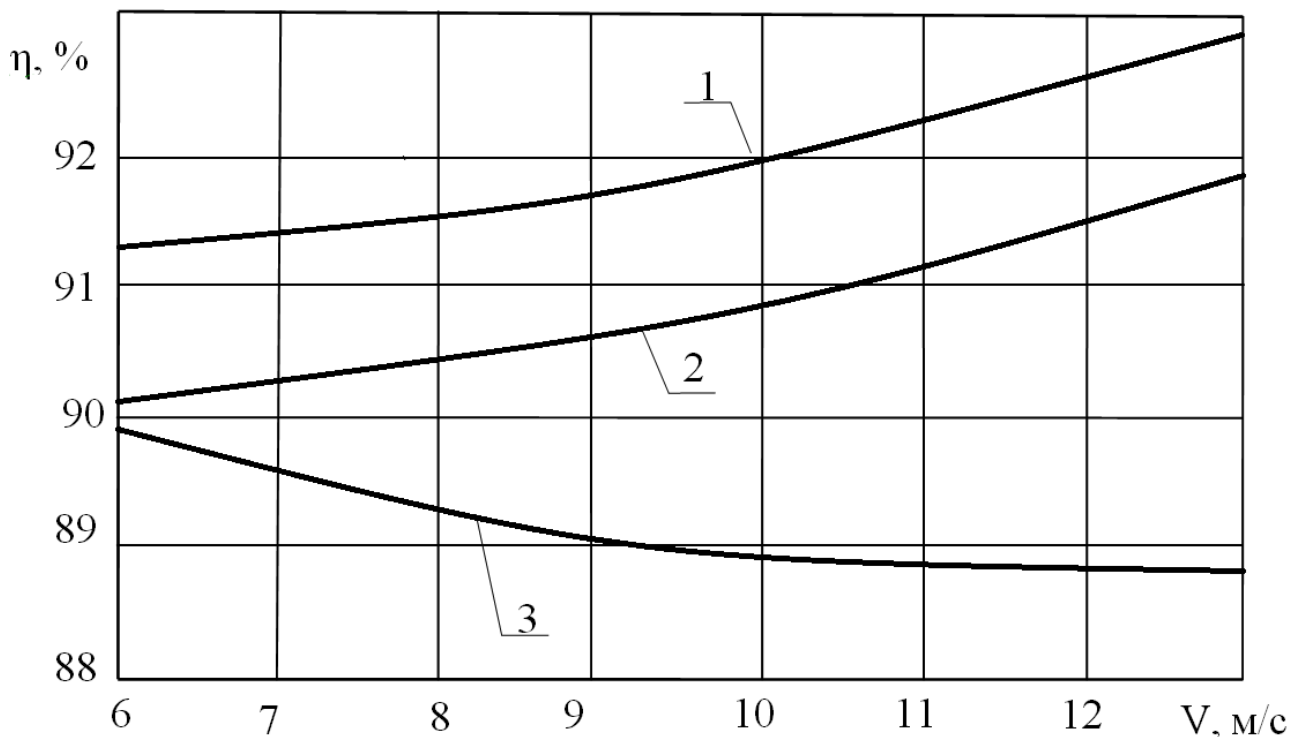


Рис. 4 – Зависимости коэффициента очистки разработанного циклона от скорости воздушного потока, при:

1 -  $\alpha=20^\circ$ ; 2 -  $\alpha=10^\circ$ ; 3 -  $\alpha=30^\circ$  ( $N=6$ шт;  $h=1$  мм;  $b=15$  мм;  $\omega=1000$  об/мин).

Изменение угла наклона лопастей вентилятора – завихрителя на эффективность процесса очистки воздушного потока в циклоне есть полученные зависимости (рис. 4). Анализом существующих исследований [4] было установлено, что оптимальные углы наклона лопастей завихрителя в аналогичных пылеуловителях составляет  $10^\circ-30^\circ$ . Анализом полученных зависимостей (рис. 5) установлено, что коэффициент очистки циклона составляет  $90,1...92,8\%$  получен при угле наклона лопастей вентилятора завихрителя  $10...20^\circ$ .

Одним из факторов, которые влияют на коэффициент очистки циклона есть доочистка воздушного потока на выходе. Для этого разработано активное устройство – многодисковый доочиститель, в виде нескольких многоярусных дисков, которые имеют отверстие внутри и расположены на расстоянии  $h$  (рис. 1) друг от друга.

Анализом зависимостей (рис. 5) установлено, что расстояние между дисками доочистителя, при котором обеспечивается максимальная эффективность циклона  $\eta=90,2...92,4\%$ , составляет  $h=0,75-1,25$  мм.

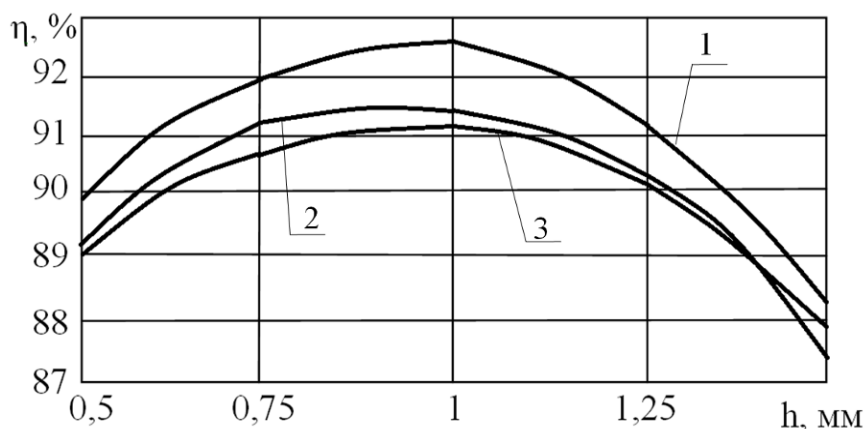


Рис. 5 – Зависимости коэффициента очистки разработанного циклона от расстояния между дисками доочистителя, при:

1 -  $V=6$  м/с; 2 -  $V=10$  м/с; 3 -  $V=13$  м/с ( $N=6$ шт;  $\alpha=20^\circ$ ;  $b=15$  мм;  $\omega = 1000$  об/мин)

Эффективность очистки запылённого воздушного потока зависит от размера частиц дисперсной фазы. Для экспериментальных исследований использовалась дисперсная фаза состоящая из 50% крупно дисперсных частиц  $150 \div 200$  мкм и 50% мелко дисперсных  $40 \div 50$  мкм.

Одним из важнейшим фактором влияющим на эффективность работы циклона является гидравлическое сопротивление [6]

В многодисковом доочистителя с целью уменьшения гидравлического сопротивления в дисках предусмотрено центральное отверстие. Поэтому только часть потока проходит через каналы доочистителя - в первом приближении можно считать, что через центральное отверстие доочистителя проходит часть потока, которая пропорциональна площади отверстия.

На (рис. 6) показаны результаты сопоставления расчетных и экспериментальных данных. Видно хорошее соответствие результатов – средняя погрешность расчета 20% в диапазоне скоростей потока ( $6 \div 14$ ) м/с.

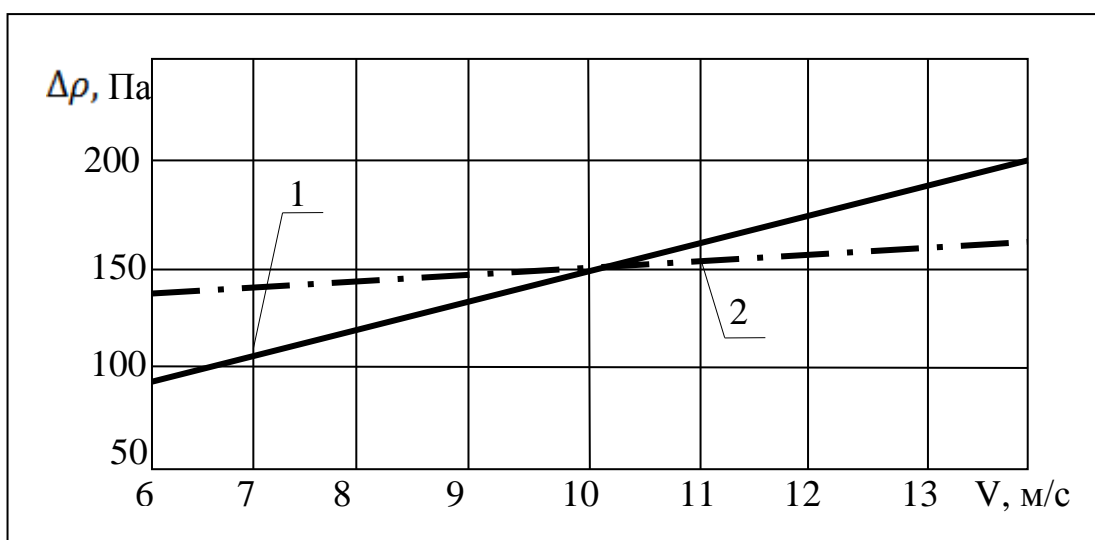


Рис. 6 – Зависимости изменения гидравлического сопротивления от скорости воздушного потока в рабочей зоне циклона:

1 – експериментальні; 2 – теоритическіе ( $N = 6$  шт;  $h = 1$  мм;  $\alpha = 20$ ;  $b = 15$  мм).

### **Выводы.**

В результате проведенных экспериментальных исследований были получены диапазоны варьирования конструктивно-кинематических параметров циклона: частоты вращения вала 500-1000 об/мин; ширина открытия жалюзи  $b=15-20$  мм; угол наклона лопастей  $\alpha=10^\circ-20^\circ$ ; расстояние между дисками доочистителя  $h=0,75-1,25$  мм. Установленные диапазоны варьирования циклона позволили получить коэффициент очистки  $\eta=75...95\%$ .

При этом разработанный циклон имеет сравнительно низкое гидравлическое сопротивление  $\Delta p = 90-200$  Па, которое позволит использовать аппарат 2-ой ступенью доочистки.

### **Список использованных источников**

1. ГОСТ 12.1.005 – 88. Система стандартов безопасности труда. Система стандартов безопасности труда; 1989. - 50с.
2. ГОСТ 25199 – 82. Оборудование пылеулавливающее. 1982. - 15с.
3. Пат. № а 2012 14122; ЦИКЛОН. Харченко С.О., Гаек Є.А.. заявл. 11.12.2012.
4. Асламова В.С. Интенсификация процесса сепарации в прямоточном циклоне и вентиляторе-пылеуловителе: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.17.08/: М. ин-т хим. машиностроения. – М., 1987. –16с.
5. Харченко С.А. Обоснование параметров процесса очистки воздушного потока пылеосадоочной камерой виброцентробежных зерновых сепараторов : дис. канд. техн. наук: 05.05.11 / С.А. Харченко.– Харьков: ХНТУСХ им. П. Василенко, 2007. – 230 с.
6. Гаек Е.А. Сравнительный анализ результатов экспериментальных и теоретических исследований в разработанном циклоне аспирационных систем зерноочистительных машин/ Гаек Е.А. // Вісник ХНТУСГ: Технічний сервіс машин для рослинництва. – Харків: ХНТУСГ, 2015. – Вип.159. - С.203-208.

### **Анотація**

## **СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ І РОЗРОБКА ЦИКЛОНА АСПРАЦІЙНИХ СИСТЕМ ЗЕРНООЧИСНИХ МАШИН**

Гаек Є.А.

*У роботі наведені результати експериментальних досліджень розробленого циклону. Для цього були досліджені наступні фактори: швидкість повітряного потоку, відстань між дисками, кут нахилу лопаток завихрювача, ширина відкриття жалюзі, частота обертання ротора електродвигуна і розмір частинок дисперсної фази. В результаті яких були отримані діапазони варіювання.*

*Розроблений циклон призначений для очищення запиленого повітряного потоку від часток домішок і пилу. Встановлюється другою ступінню доочищення на жалюзийно інерційний віддільник.*

*В ході досліджень були отримані залежності коефіцієнта очищення розробленого циклону від досліджуваних факторів. В результаті яких розроблений циклон показав високий коефіцієнт очищення  $\eta=75\text{...}95\%$ .*

## **Abstract**

### **IMPROVE THE EFFICIENCY OF THE CLEANING PROCESS OF THE AIR FLOW CYCLONE DUST COLLECTION SYSTEMS MOBILE SEPARATORS**

E Gaek

*In work results of experimental researches of developed cyclone. For this purpose they investigated the following factors: air velocity, the distance between the wheels, the angle of inclination of the blades of the swirled, the width of the opening of the shutters, the rotational speed of the motor rotor and the particle size of the dispersed phase. Which were obtained the ranges of variation.*

*Thus, the developed cyclone has two degrees of purification. First, due to the action of the vane swirler are separated heavy and large particles of impurities, and the second, due to the action of multi-tiered disks airflow decimals from fine-dispersed phase.*

*The studies were obtained dependence of the coefficient of purification of the cyclone developed from the studied factors. Which developed the cyclone showed a high purification factor  $\eta=75$  to  $95\%$ .*

## ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА ОРІЄНТАЦІЮ ПОСІВНОГО МАТЕРІАЛУ В ВИСІВАЮЧОМУ АПАРАТІ

Кузіна Т.В., асп.

Сумський національний аграрний університет

*Стаття присвячена питанню забезпечення прищвидшення проростання рослин, з метою отримання підвищеної врожайності з мінімальними затратами шляхом максимальної кількості зорієнтованих насінин озимої пшениці зародком вгору.*

*Аналізуючи літературні джерела та на основі власних досліджень встановлено, що якщо зернина розташована зародком вгору, її проростання прищвидшується та інтенсивність росту кореневої частини та надґрунтової частини також більш інтенсивна у порівнянні з зернинами, які мають іншу орієнтацію у ґрунті. Розглядаючи посівний матеріал, зерно пшениці, була звернена увага на такий параметр, як розташування центру ваги відносно геометричного положення центру зернівки, поведінки зернин на похилих площинах, швидкість зернин при взаємодії із поверхнею, кут нахилу лотка, форми початкових площадок, вплив точки вертикального вбросу насінин після сходу з горизонтальної поверхні.*

*В ході досліджень встановлено, що чим більша швидкість зернин при взаємодії із поверхнею, тим більша ймовірність хаотичного руху і погіршення умов орієнтації і менша передбачуваність її руху; чим довший шлях руху зернини по бортику лотка, тим гірший результат, найкращу орієнтацію забезпечує симетричний лоток, зменшена кількість насінин в партії вдвічі збільшує ймовірність посіву зерна зародком вгору, встановлені найкращі значення кутів нахилу лотка та фронт зсуву насіння із площадки.*

*За результатами досліджень, при посіві озимої пшениці зародком вгору зерно розкриває найбільший біологічний потенціал.*

*Оптимальне розміщення і технологія закладення насіння в ґрунт надає можливість отримати більшу врожайність, витрачаючи при цьому менше посівного матеріалу і коштів.*

*Ключові слова - посів, зима пшениця, орієнтація зерна, врожайність.*

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Актуальним є питання щодо розробки і впровадження заходів для інтенсивного проростання і подальшого розвитку рослини. Лише при забезпеченні оптимальних умов для посівного матеріалу отримуємо швидкі, сильні та дружні сходи [1]. На основі проведених досліджень було встановлено, що найвища енергія проростання посівного матеріалу досягається саме завдяки орієнтації зерна зародком вгору. Це пояснюється тим, що рослина менше витрачає енергії для проростання, так як зародок знаходиться ближче до поверхні ґрунту. З'являються дружні сходи і рослини не конкурують між собою, а також зменшується норма висіву.

Для цього ми повинні забезпечити максимально зорієнтований посів озимої пшениці зародком вверху. Для досягнення цього, потрібно розробити такий висіваючий апарат, за допомогою якого ми досягли поставленої цілі. Тому ми розглядали всі фактори, які впливають на орієнтацію зерна, яке надходить з бункера до висівного апарату, а потім, вже «правильно» зорієнтоване потрапляє в насіннепровід.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Чимало факторів впливає на орієнтацію зерна перш, ніж воно потрапить до насінневого ложе. Це і вібрація, швидкість руху посівного агрегату, коефіцієнт взаємодії насінини з поверхнею, попередній обробіток ґрунту та ін. Щоб досягти якнайкращого результату потрібно враховувати всі фактори, які впливають на орієнтацію та травмування посівного матеріалу [2].

Зерно до висіваючого апарату може надходити самопливом, з використанням повітря та за рахунок вібрації. Рух матеріальних часточок по віброуючій поверхні досліджували І.І. Блехман, І.І. Биховський, Е.Е. Лавендела. Приведені результати теоретичних досліджень вібраційних процесів, представлені їх математичні моделі [2]. Фактори, які впливають на взаємодію сипучих матеріалів з різними поверхнями розглядали В.А.Членов, Н.В. Михайлов [3]. Зниження травмування зерна при обробці роторним зернокидачем, фактори, які впливають на величину сили в момент удару, тобто на ступінь травмування зерна при ударі досліджував А.Ф.Бутенко [4].

**Формулювання мети статті.** Метою даної статті є забезпечення орієнтації посівного матеріалу зародком вгору шляхом визначення оптимальних раціональних параметрів висівного апарату, який забезпечить такий посів для досягнення оптимальних умов для проростання та розвитку рослини.

**Виклад основного матеріалу.** При аналізі конструкції сучасних зразків посівних агрегатів та на основі проведених власних польових досліджень встановлено, що сьогоднішні зразки не забезпечують орієнтації посівного матеріалу. При цьому, на основі проведених польових досліджень встановлено, що орієнтація посівного матеріалу зародком вгору забезпечує інтенсивне проростання посівного матеріалу, інтенсивний розвиток кореневої системи та надґрунтової частини, що в свою чергу забезпечує підвищення врожайності в порівнянні з незорієнтованими зернами [6].

Нами була висунута гіпотеза, що розробка і використання нового висіваючого апарату, який забезпечить посів пшениці зародком вгору збільшить урожайність та зменшить витрати посівного матеріалу.

Для удосконалення висівного апарату з метою визначення оптимальних параметрів для орієнтації зернівки при транспортуванні від бункера до насіннепроводу була розроблена лабораторна установка, яка представлена на рис. 1.

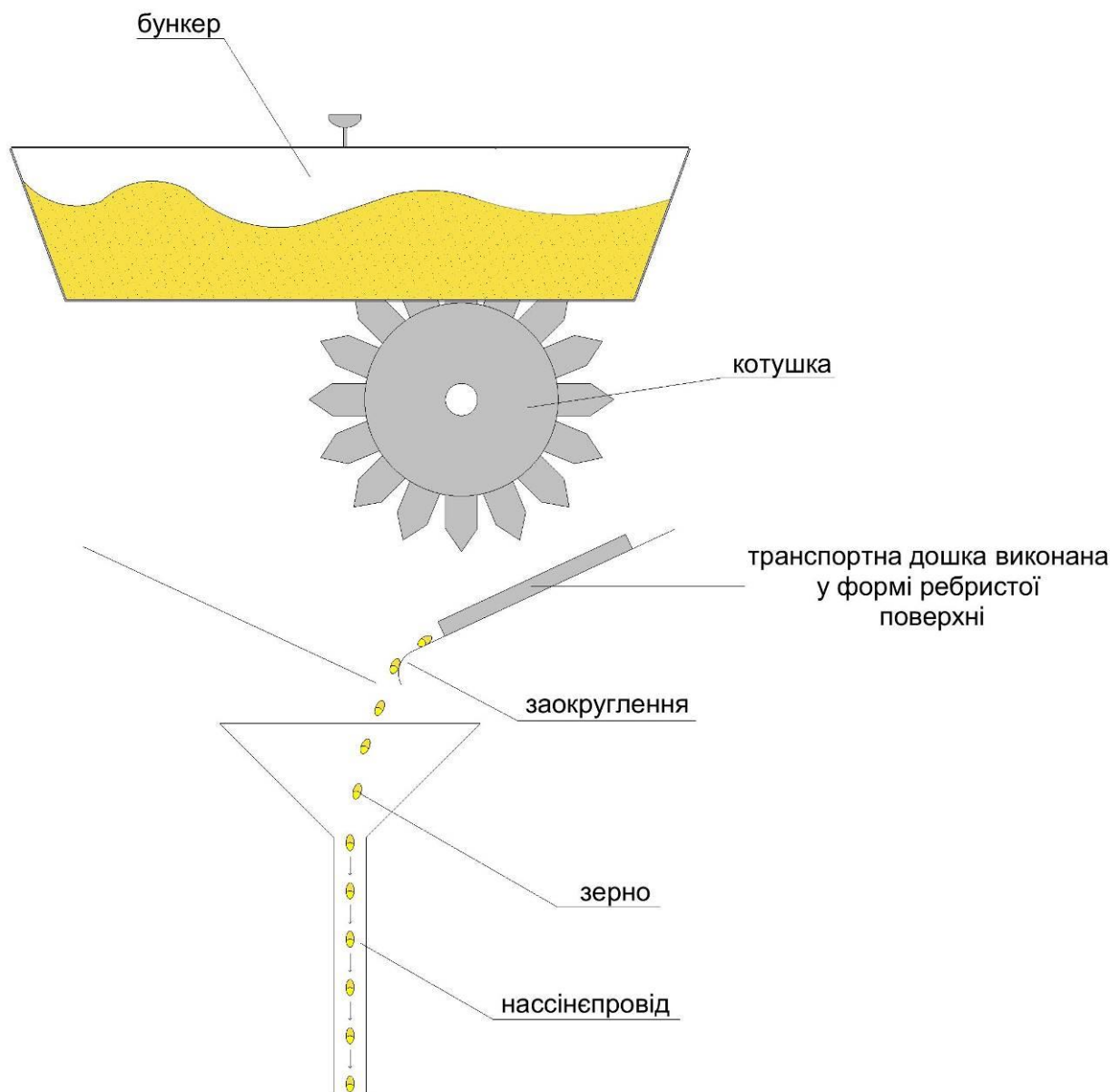


Рис. 1 – Модель висівного апарату

Використання даної установки дало можливість провести експериментальні дослідження визначення таких параметрів, які впливають на орієнтацію насіння: ширина бортиків лотка, місце зсуву зернин з площадки, висота площадки над верхньою кромкою бортика, кут нахилу лотка.

**Для проведення експерименту використовувалися таке обладнання:**

- вібратор: модель – SA 2415; частота = 20 Гц.;
- лоток на двох стійках та на масивній основі, вібратор знаходився посередині лотка;
- площадка з катушковим дозатором розташовувалась горизонтально, швидкість зернин при зсуві витримувалась в межах 0,022 – 0,03 м/с.;
- похила дошка (з оцинкованої сталі товщиною  $\delta=0,8$  мм, довжиною = 250 мм, шириною = 30 мм і кутом =  $90^\circ$ );
- зерно: фізико-механічні властивості: довжина – 7,3 мм, ширина – 4,3 мм; товщина -4,0 мм; сорт «Богдана»; маса однієї зернини = 0,053 г, абсолютна



маса насіння (маса 1000 зерен) 39 г, об'ємна маса насіння = 800 кг/м<sup>3</sup>. Коефіцієнт тертя пшениці по оцинкованому залізі = 0,36, фракція зерна = 3,0 мм; вологість = 14%;

- металева лінійка 30 см;
- мікрометр External micrometer 0,01-0,25 mm;
- решета діаметр отворів = 3,2; 3,0; 2,5; 2,2 мм;
- ваги RADWAGWLC (0,2/C/1) 286955 ROK 2010 230V 50Hz/11VAC.

З метою візуалізації процесу орієнтування було спеціально підготовлене зерно фракції 3,0 мм, частини та ендосперму на торцях зернини були нанесена однакова кількість фарби на полімерній основі різних кольорів (зелена – зародок; червона – ендосперм).

Експериментальний блок був поділений на 3 етапи.

Під час проведення експерименту подачу насіння виконували вручну із такою швидкістю, щоб забезпечити їх звалювання через кромку бортика, тобто до 0,02 м/с.

При більших швидкостях зсуву з'являлася значна горизонтальна складова і відрив зернини від поверхні лотка.

Для визначення кількості зернин в партіях зсуву при невеликих кутах нахилу лотка – відбувався «завал» зернини одна на одну. Крайні результати одержали коли падіння і їх рух були вільними (від 4 до 9 шт.).

Фронт зсуву витримувався 10-20 мм. При більшій ширині руху зернин значно зростала вертикальна відстань від горизонтальної площадки до бортика.

Для дослідження поведінки зернин на похилих площинах спочатку використовувався лоток із металевого листка із розмірами, вказаними на рис. 2.

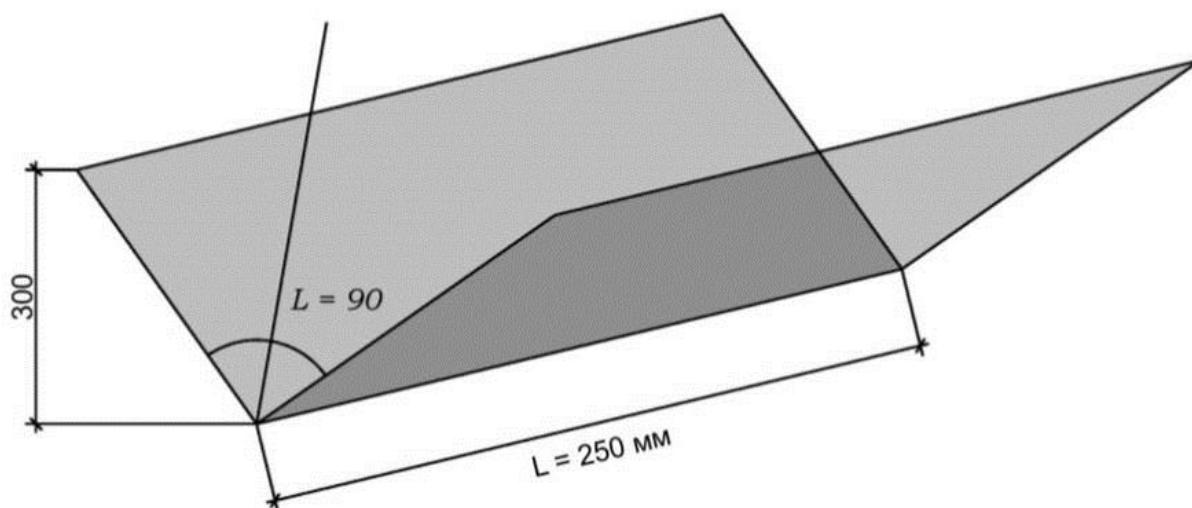


Рис. 2 – Лоток

Початковий нахил був заданий із можливістю сходу насінин від точки вбросу, але із подальшим його гальмуванням по ходу лотка, рис.3.

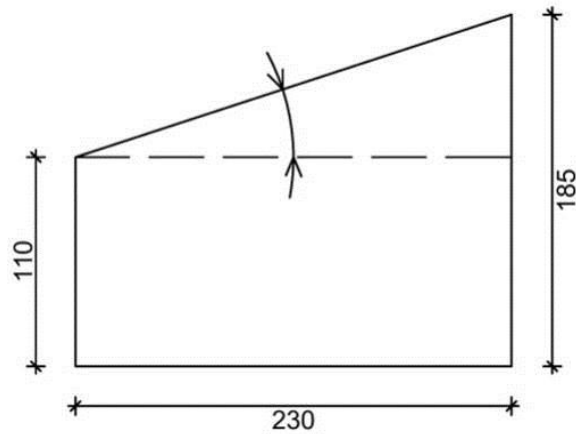


Рис. 3 – Кут нахилу лотка

Кут нахилу був вибраний із умов проведення дослідів та склав  $110^\circ$ , таким чином вдалося зафіксувати положення зернин після трьох етапів переміщення, а саме:

- I – по площадці;
- II – ковзання по похилому борту лотка
- III – удар (взаємодія) із жолобком і кінетичне переміщення в повітрі та по жолобку, рис. 4.

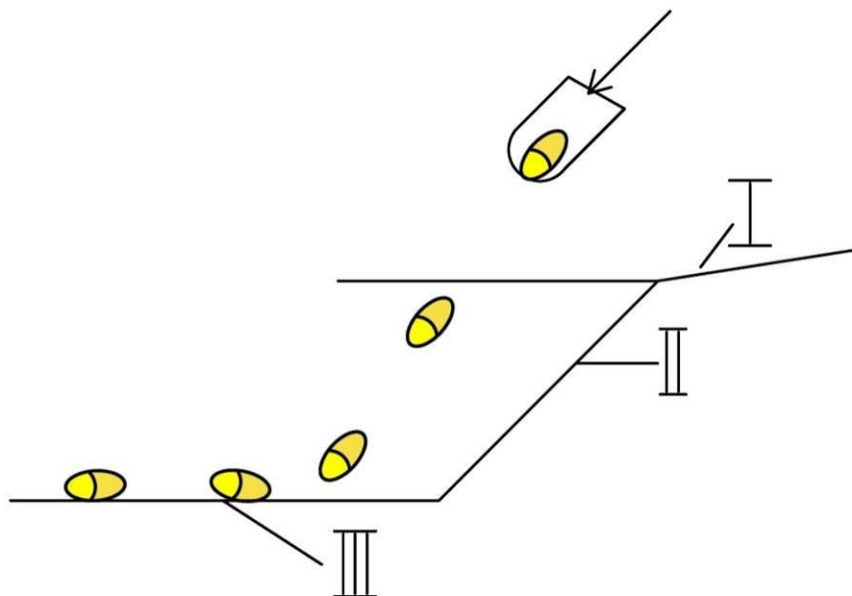


Рис. 4 – Етапи переміщення зерна по лотку

**I етап.** Для з'ясування того, як впливають точки вертикального вбросу насінин після сходу з горизонтальної поверхні – лоток був розміщений симетричний відносно вертикалі. Під час проведення експерименту змінювали довжину лотка по якому рухається зерно, таким чином змінювали час контакту насінини з лотком і відповідно орієнтацію насінини на лотку. Результати експерименту представлені на графіку (рис. 5).

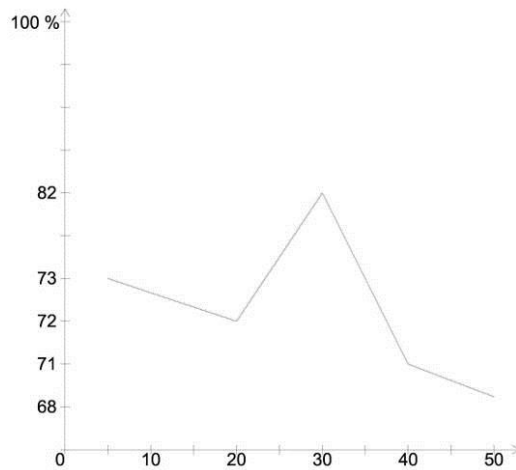


Рис. 5 – Залежність місця «перевалювання» насіння в лоток

Для достовірності результатів – перевіряли вброс в інших точках: посередині і в дальній від площадки борт. Це показано на рис. 6.

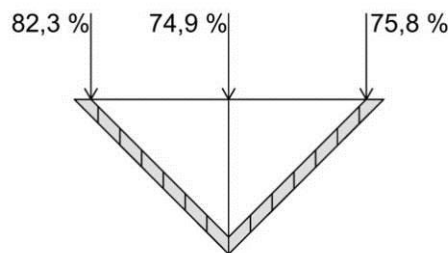


Рис. 6 – Місця вбросу зернини в лоток

Таким чином, досліджували вплив висоти падіння зерна озимої пшениці з насінневого бункера на похилий лоток. Погіршення результатів мали, коли точка вбросу була піднята на 20 мм (в цих же місцях лотка) рис. 7.

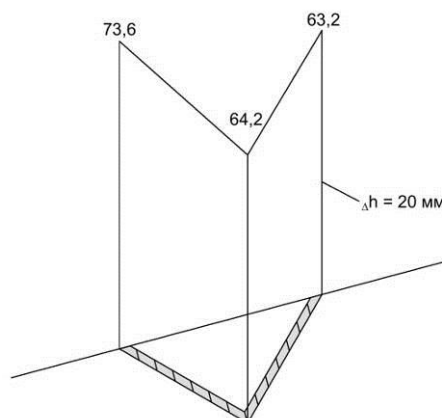


Рис. 7 – Схема «перевалювання» зерна в лоток з різної висоти

Отримані результати дають можливість виявити основні параметри, що впливають на результат орієнтування зернин.

Зокрема, чим більша швидкість зернин при взаємодії із поверхнею (або ж

кінетична енергія зернин при ударі – тим більша ймовірність її (зернини) хаотичного руху і погіршення умов орієнтації) і менша передбачуваність її руху. Під час проведення дослідів використовувалися циліндрична та конічна форми початкових площадок. Вподальших дослідах дані форми поверхонь не використовувались, тому що показник орієнтації зерна знаходився на досить низькому рівні.

По даним графіка 2-5 видно, чим довший шлях руху зернини по бортику лотка – тим гірший результат.

Зменшення відсотку бажаної орієнтації зернини при довжині лотка 10 мм та 20 мм пояснюється коротким часом для повороту зернин, або малою величиною кінетичної енергії для такого ж розвороту після удару зернинки із жолобком.

Очікуване погіршення результатів отримано, коли зерно направлялось на дальній борт, та центр жолобка (рис. 7) – ще більша хаотичність поведінки зерна спостерігалась при збільшенні вертикальної відстані від площадки до точок вбросу на  $h=20$  мм (рис. 8).

Для чистоти експерименту враховували вплив кутів нахилу площин бортів лотка. Змінювали відхилення лотка від вертикалі рис. 1-7.

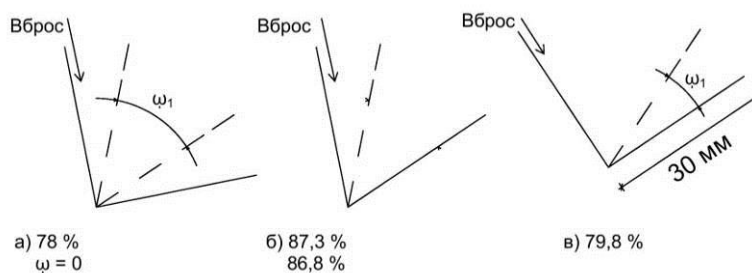


Рис. 8 – Нахил лотка під різними кутами

Перевіряли кількість зернин пшениці для одночасного потрапляння з котушки на похилий лоток. Під час набору 15 шт. насінин в кожному досліді звернули увагу, що при менших партіях і менша кількість «не так» зорієнтованих зернин.

Вони заважають одна одній, тому що схід з лотка – слабший. При зменшенні кількості насінин в партії приблизно вдвічі необхідний результат орієнтування збільшився до 94,7% «неправильно» зорієнтованих були одиниці із 6-7 штук, а якщо 4-5, то маємо 100% результат.

При включенні вібрації – отриманий результат 82,7% – вібратор мобільного телефону, отримали близькі результати при малих партіях 5-6 шт.

### Висновок.

На основі проведених досліджень встановлені параметри, які впливають на орієнтацію зерна. Відповідні дані в подальшому будуть використані для розробки висіваючого апарату зернової сівалки, яка забезпечить орієнтацію зернин посівного матеріалу. Такими параметрами є: кількість зернин в партіях зсуву– 4-9 шт.; фронт зсуву повинен витримуватися 10-20 мм; за результатами

орієнтування зерна – найкращий симетричний лоток 87,3%, - 86,8; поперечний кут – 0, з вібрацією – отриманий результат 82,7%.

### Список використаних джерел

1. Жемела Г.П., Л.П. Кучумова, З.Ф.Аниканова. Справочник по качеству зерна; Под ред. Г.П.Жемелы.-3-е изд., перераб. и доп. – К.: Урожай, 1988.- 30с.
2. Вибрации в технике: Справочник. В 6-ти т./Ред. совет: В. Н. Челомей (пред.). — М.: Машиностроение, 1981.— Т. 4. Вибрационные процессы и машины / Под ред. Э. Э. Лавендела. 1981. - 509 с. (ст. 12).
3. Членов В. А., Михайлов Н. В. Виброкипящий слой. М., «Наука», 1972. (ст.13).
4. А.Ф.Бутенко, Автореферат: Технологии и средства механизации сельского хозяйства (по техническим наукам) - зерноград– 2005.(ст. 3).
5. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Навч. посібник/ О.М. Царенко, С.С. Яцун, М.Я. Довжик, Г.М. Олійник; За ред. С.С. Яцуна. - К.: Аграрна освіта, 2000. – 243 с.: іл. (ст. 73-75).
6. Стаття у міжнародному журналі «ТЕКА» на англійській мові «Investigation of the influence of winter wheat's location on plant's germination energy»./ В. М. Зубко, Т. В. Кузіна // міжнародний журнал «ТЕКА». (ст. 103-106).

### Аннотация

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, КОТОРЫЕ ВЛИЯЮТ НА ОРИЕНТАЦИЮ ПОСЕВНОГО МАТЕРИАЛА В ВЫСЕВАЮЩЕМ АППАРАТЕ**

Кузина Т.В.

*Статья посвящена вопросу обеспечения ускорения прорастания растений, с целью получения повышенной урожайности с минимальными затратами путем максимального количества соразориентированных семян озимой пшеницы зародышем вверх.*

*Анализируя литературные источники и на основе собственных исследований установлено, что если зерно находится зародышем вверх, ее прорастания ускоряется и интенсивность роста корневой части и надпочвенной части также более интенсивная по сравнению с зерно, которые имеют другую ориентацию в почве. Рассматривая посевной материал, зерно пшеницы, было обращено внимание на такой параметр, как расположение центра тяжести относительно геометрического положения центра зерновки, поведения зерен на наклонных плоскостях, скорость зерен при взаимодействии с поверхностью, угол наклона лотка, формы начальных площадок, влияние точки вертикального сброса семян после схода с горизонтальной поверхности.*

*В ходе исследований установлено, что чем больше скорость зерен при взаимодействии с поверхностью, тем больше вероятность хаотического*

*движения и ухудшение условий ориентации и меньшая предсказуемость ее движения; чем длиннее путь движения зерна по бортику лотка, тем хуже результат, лучшую ориентацию обеспечивает симметричный лоток, уменьшено количество семян в партии вдвое увеличивает вероятность посева зерна зародышем вверх, установлены значения углов наклона лотка и фронт сдвига семена с площадки.*

*По результатам исследований, при посеве озимой пшеницы зародышем вверх зерно раскрывает самый большой биологический потенциал.*

*Оптимальное размещение и технология заделки семян в грунт дает возможность получить большую урожайность, тратя при этом меньше посевного материала и средств.*

*Ключевые слова - посев, озимая пшеница, ориентация зерна, урожайность.*

## **Abstract**

### **THE STUDY OF FACTORS THAT AFFECT THE ORIENTATION OF SEED IN THE SOWING MACHINE**

T. Kuzina

*The article is devoted to the acceleration of germination of plants with the aim of obtaining high yields with minimum costs by the maximum number of oriented winter wheat seeds germ up.*

*Analyzing literary sources, and based on our own research found that if the grain is the germ up, its germination is accelerated and the growth rate of the root part and nadrosov parts are also more intense compared to grains, which have a different orientation in the soil. Considering the seed, a grain of wheat, attention was drawn to this parameter as the location of the center of gravity relative to the geometric position of the center of the grains, the behavior of the grains on the inclined planes, the velocity of the grains during the interaction with the surface, the angle of the tray, the form of the initial sites, the impact point of the vertical stuffing of the seeds after the disappearance of the horizontal surface.*

*The studies found that the greater the speed of the grains during the interaction with the surface, the greater the probability of chaotic motion and a deterioration of the orientation and the lesser predictability of its movement; the longer the path of travel of the grain through the side of the tray, the worse the result, the best orientation provides a symmetrical tray, reduced number of seeds in the party doubles the probability of seed grain germ up, set the values of the tilt angles of the tray and the front of the shift of seeds from the site.*

*According to studies, when sowing winter wheat germ up the grain reveals the largest biological potential.*

*Optimal placement and technology of seeding in the ground gives you the opportunity to obtain greater productivity, while spending less seed and money.*

*Key words – sowing, winter wheat, orientation of grain yield.*

## ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ ТА КЛАСИФІКАЦІЙНА МОДЕЛЬ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЇ STRIP-TILL

Анікєєв О.І., доц., к.т.н., Сердюк Ю.О., інж.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка*

*Технологія Strip Till це новий крок в технологіях вирощування та збирання сільськогосподарських культур, особливо з огляду на те, що проблема вітрової ерозії в нашому поясі набуває все більшого значення.*

**Постановка проблеми.** Одним із найважливіших завдань агропромислового комплексу України в сучасних соціально-економічних умовах є оптимізація виробництва, пошук грамотних, успішних рішень, спрямованих на бажаний результат. Загальновідомо, що подальший розвиток рослинництва можливий лише на основі збереження та підвищення родючості ґрунтів.

З різних культур у сівозміні рядкові культури, особливо ті, які мають добре розвинені стрижневі корені – ріпак, цукрові буряки і кукурудза – вимагають великої уваги. Вони досить добре самі розпушують ґрунт і забезпечують в подальшому їх хорошу структуру для вирощування наступних культур (рис. 1).



Рис. 1 – Смугова обробка ґрунту по стерні

Наступним чинником-особливістю смугової оранки є можливість паралельно з посівом насіння використовувати хімічні речовини і добрива (рис. 2). Досить ефективним з економічної точки зору буде той факт, що при Strip-till -технології ви з впевненістю і без нанесення будь-якої шкоди ґрунту зможете використовувати рідкі форми добрив. До того ж завдяки рядності посівів можна розподілити їх кількість, не витрачаючи добрива на незасіяні ділянки землі. А також зробити процес удобрення досить точним і цілеспрямованим, завдаючи речовини прямо біля коренів рослин [1].

До ще одної переваги смугової обробки відносять створення відмінних аеробних умов і насінневих ложе. Як і у випадку нульової обробки, кисень з легкістю проступає в ґрунт, прискорюючи таким чином розклад органічних



речовин.



Рис. 2 – Передпосівна обробка ґрунту з одночасним внесенням добрив

Як результат утворюється добре розпушене посівне ложе готове для сівби та створено зі значною економією витрат. Збереженням капілярної сітки на міжряддях, які не піддаються механічній обробці, досягається підвищенням доступності ґрунтових вод і значне скорочення втрат вологи через перевертання ґрунту і його висихання. Всього збережений на поверхні міжряддя замульчований шар поживних залишків виконує багато функцій. Він і знижує випаровування цінного вологи, і сприяє кращому утриманню постійних ґрунтових температур, попереджаючи, перш за все, різкі перепади денних і нічних температур, і є важливим механізмом запобігання розвитку як водної, так і вітрової ерозії [2].

Звичайно ж, при використанні технології знадобиться спеціальне обладнання. Поєднавши його роботу з посадочною машиною, можна значно скоротити кількість виїздів на посадкову площу до двох або навіть одного разу. Дана особливість смугової обробки допоможе заощадити як нематеріальні (час), так і матеріальні ресурси (паливо, оплата праці). Продовжуючи тему вигідності методики, можна зауважити: одне з наукових досліджень показало, що врожайність полів після цього типу обробки зросла[3].

Технологія Strip-Till може виконуватися в двох варіантах: поступово, коли смугова обробка рядків і сам процес посіву проводиться в різний час, і комбіновано, коли розпушування рядків і сівба здійснюються за одну робочу операцію. Вибрати кращий з варіантів для роботи на відповідній місцевості дозволяє аналіз складу ґрунту та інших супутніх умов. Так, на місцевості із середнім і високим вмістом глини кращого ефекту досягають при поступовому Strip-Till, коли розпушування рядків проводиться попереднього року восени перед посівом. На ґрунтах з невеликим вмістом глини і великою кількістю піску добре зарекомендував себе комбінований варіант Strip-Till з одночасним розпушуванням і посівом навесні. Такі відмінності пов'язані з різною структурою ґрунтів, різного складу і, відповідно, має різний ефект на них від проведення обробки. При розпушуванні з одночасним внесенням стрічки концентрованих добрив на відповідну глибину склад ґрунту також є



вирішальним фактором. При таких умовах необхідно пам'ятати про можливий перерозподіл добрива на глибокі шари в легких ґрунтах і можливої фіксації поживних речовин на глинистих елементах і гумусі [4].

Техніка, яка використовується в технології Strip-Till, має низку важливих особливостей. Перш за все, через досить велике навантаження при роботі з розпушуванням рядків на глибину до 20-25 см і навіть більше рама агрегатів повинна бути міцною і мати характерну паралелограмну конструкцію. Це буде допомагати їй краще витримувати великі навантаження, особливо на важких ґрунтах. З конструктивних груп агрегатів розрізняють робочі органи, які розрізають ґрунт, прибирають з місця формування рядки поживні залишки, проводять глибоке розпушування, формують рядок і до оброблюють поверхню. Зрозуміло, що в разі проведення паралельно з розпушування сівби і удобрення до них додадуться елементи посівних сошників та провідні елементи для відкладання добрива. За типом будови агрегати для Strip-Till можуть бути навісними, так і причіпними і обладнуватися як дисковими, так і анкерними робочими органами. Вибираючи форму сошників для глибокого розпушування дуже важливо звертати увагу на якість ґрунтів і користуватися основним принципом – чим важче ґрунту і чим глибше проводиться розпушування, тим більш вузькими повинні бути робочі органи. Це дозволить легше зруйнувати плужну підшву, на багатьох полях закладалася на одному і тому ж місці протягом багатьох років, викликаючи майже непроникні для коренів рослин і вологі ущільнені шари ґрунту, так і заощадити енергоносії через менший опір агрегату під час його просування і відповідно менше знос основних конструктивних елементів. До того ж, слід пам'ятати про можливість проведення глибокого розпушування тільки добре просушеного ґрунту, вже є не тільки важливим для дбайливого поводження з технікою і економії палива, але і є передумовою запобігання утворення ущільнення ґрунтів на ще більших шарах, які вже практично не можна буде подолати, не допускати вивертання на поверхню великих грудочок ґрунту і дозволить проводити добре зворотне ущільнення оброблених рядів без утворення тріщин і відкритих щілин [5].

Зазвичай технологія Strip-Till може застосовуватися як з попередньою обробкою стерні, так і без неї [6].

Технологія Strip-Till включає такі операції як: нарізання стрічок, осіннє внесення добрив, весняне внесення дорив, сівбу.

Деякі технологічні операції можливо сумістити під час виконання в один період. Так, наприклад, нарізання стрічок, як правило, суміщають з осіннім внесенням добрив. Весною одночасно з внесенням добрив проводять сівбу (рис. 3).



Рис. 3 – Схема внесення мінеральних добрив на два рівні

Обладнання для реалізації Strip-Till можна розділити на три основні категорії: легкі, середні і важкі, залежно від ваги секцій і глибини обробітку (або ступеня обробітку ґрунту). Причому, його класифікують за ступенем дії робочого органу на ґрунт.

Залежно від ступеня дії на ґрунт агрегати по Strip-Till можна розділити на дві основні групи: весняні (легкі); осінні: а) середні; б) важкі (глибокі).

Для реалізації цих технологічних операцій необхідно використовувати певні робочі органи, які за мінімальних енергетичних затратах дають можливість реалізувати увесь комплекс запланованих заходів.

Весняні агрегати для Strip-Till в основному призначені для очищення ряду від рослинних залишків і помірного поверхневого розпушення ґрунту. Можна при цьому вносити мінеральні добрива на глибину поверхневого розпушення. Для осіннього варіанту Strip-Till на секції для смугового обробітку обов'язковим є стояк для інтенсивного розпушення ґрунту: а) середня для глибини 20-30 см; б) важка – для глибини обробітку 30-50 см.

Для реалізації цих технологічних операцій необхідно використовувати певні робочі органи, які за мінімальних енергетичних затратах дають можливість реалізувати увесь комплекс запланованих заходів.

Використовуючи комбінацію тих чи інших робочих органів можна досягти ефективного виконання технологічних операцій з мінімальними витратами. Технологію Strip-Till можна застосовувати і за традиційного або мінімального обробітку ґрунту, наприклад, проводячи восени неглибоке (на 5-6 см) суцільне дискування ґрунту, а весною – смуговий обробіток на глибину 15-25 см одночасно з сівбою.

Найважливішим чинником упровадження технології Strip-Till є скорочення витрат на обробку ґрунту, оскільки велика частина поля не обробляється. Завдяки застосуванню на агрегатах для Strip-Till комбінації різних робочих органів, які розрізають і заробляють рослинні залишки, проводять глибоке розпушення і кришення ґрунту, утворюють борозну. І все це – за один прохід.

Завдяки можливості смугового обробітку ґрунту з одночасним внесенням добрив під кореневу систему рослин, розкриваються нові перспективи ефективності застосування мінеральних добрив. Такі підвіски застосовують на

просапних та універсальних культиваторах.

Спостереження за тим, як розвивалися різні культури у рамках цієї технології, показує, що Strip-Till містить у собі великий потенціал, і в багатьох господарствах з часом може стати звичайною технологією обробки. Це стосується обробки як класичних просапних культур, таких як кукурудза та буряки, так і приземкуватих культур, таких як ріпак, зернові. Смугова обробка ґрунту може запропонувати вирішення проблем, обумовлених сівозміною, як, наприклад, проростання старого ріпаку або поширення лисохвосту польового. Цей метод може протидіяти тому, що «зариті» насіння через деякий час проростуть в масовому масштабі.

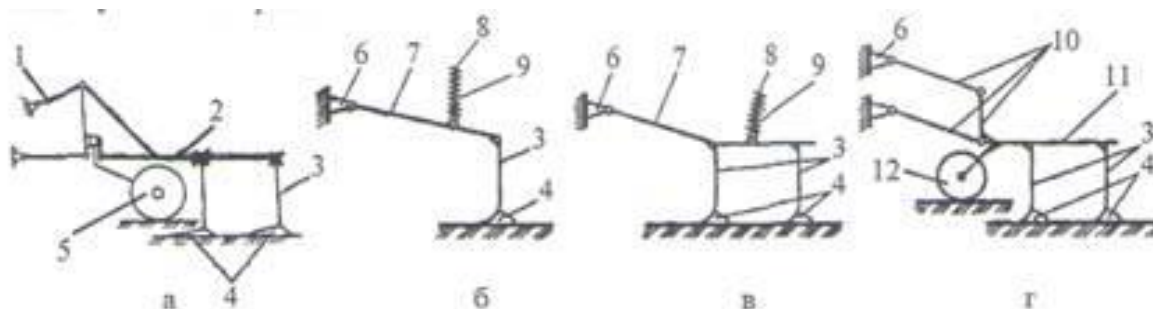


Рис. 4 – Схеми кріплення робочих органів культиватора Strip-till

а – жорстка до гряділя рами; б – радіальна індивідуально-повідцева; в – радіальна секційна; г – з допомогою паралелограмного механізму; 1 – начіпний механізм трактора; 2 – гряділь рами; 3 – стояк лапи; 4 – робочі органи (лапи); 5 – опорне колесо; 6 – поперечний брус рами; 7 – повідець; 8 – штанга; 9 – пружина; 10 – паралелограмний механізм; 11 – гряділь секції; 12 – опорне колесо секції.

Шляхом поділу обробки ґрунту та посіву можна значно підвищити ефективність всієї системи. Витрати часу на завантаження добрив і більш низька швидкість роботи культиватора не впливають на продуктивність сівалки по площі. Як у будь-якій технології, тут теж є межі використання, так як смугова обробка придатна не для всіх видів ґрунтів. Фактором обмеження застосування даної технології, особливості комбінованої, є важкі або вологі на момент проведення посівних робіт ґрунту (менше сипучі ґрунту теж висувають свої вимоги). Також значну роль відіграє структура сівозміни, тут можна тільки припускати, наскільки сільгоспвиробники готові видозмінити його, щоб пристосувати до технології Strip Till [6].

#### **Висновки.**

Технологія Strip Till це новий крок в технологіях вирощування та збирання сільськогосподарських культур. Технологія широко використовується в Європі а також США, Австралії.

Спостереження за тим, як розвивалися різні культури у рамках цієї технології, показує, що Strip Till містить у собі великий потенціал, і в багатьох господарствах з часом може стати звичайною технологією вирощування сільськогосподарських культур. Це стосується обробки як просапних культур, таких як кукурудзи та буряку, так і зернових культур, таких як ріпак.

Дана технологія має повне право на існування, а питання по впровадженню в сільськогосподарських підприємствах потребує додаткового часу на розробку, або закупівлю закордонної техніки.

### Список використаних джерел

1. Основи агрономії: Навчальний посібник. [Текст] О.В. Солошенко, Б.С. Носко, Н.Ю. Гаврилович, А.А. Багачов, В.І. Солошенко; За ред. О.В. Солошенка. – 4-е вид., перероб. і доп. – Харків: Торнадо, 2003. – 368 с.
2. Економічний довідник аграрника. В.І. Добробот, Г.І. Зуб, М.П. Кононенко, та ін. [Текст] / За ред. Ю.Я. Лузана, П.Т. Саблука. – К.: «Преса України», 2003. – 800с.
3. Руслан ШАТРОВ Strip-till — нові можливості обробітку ґрунту і сівби сільськогосподарських культур / Шатров Р. // Агробізнес сьогодні – Київ: ТОВ "Прес-медіа", 2015. – Вип. №9(304). - С.60-61
4. Киргинцев Б. О., Кокошин С. Н. Strip-Till (Стрип-Тилл) – как перспективная технология возделывания зерновых культур в Тюменской области // Молодой ученый. — 2015. — №6.5. — С. 4-7.
5. Кравчук В. Технологія Strip-Till на вирощуванні сільськогосподарських культур / В. Кравчук, О. Броварець, М. Новохацький, Л. Шустік // Техніка і технології АПК. – 2014. – №4. – С. 7–12.
6. Гречкосій В.Д. Проектування технологічних процесів у рослинництві : навчальний посібник / [Гречкосій В.Д., Войтюк В.Д., Шатров Р.В. та ін.]. – Ніжин: Видавництво: ПП Лисенко М.М., 2014. – 392 с.

### Аннотация

#### **КЛАССИФИКАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИИ STRIP-TILL И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ**

Аникеев А.И., Сердюк Ю.А.

*Технология Strip Till это новый шаг в технологиях выращивания и уборки сельскохозяйственных культур, особенно учитывая то, что проблема ветровой эрозии в нашем поясе приобретает все большее значение.*

### Abstract

#### **CLASSIFICATION MODEL OF WORKING BODIES FOR TECHNOLOGY STRIP-TILL AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY**

A. Anikeev, Y. Serdyuk

*Strip Till technology is a new step in the technologies of growing and harvesting crops, especially considering that the problem of wind erosion in our belt is becoming increasingly important.*

## СКЛАДОВІ СТРУКТУРИ ТВЕРДИХ ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ

**Мельник В.І., д.т.н., проф., Романащенко О.А., доц.**

*Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка*

*У роботі визначені фізико - механічні та реологічні властивості соломистого слаборозкладеного гною. Для опису стаціонарних процесів деформації гною пропонується використати теорію в'язко-пластичної течії.*

*Викладаються результати експериментальних досліджень фізико - механічних та реологічних властивостей слабо розкладеного гною в широких межах вологості. Пропонується модель стану середовища, яка дозволяє встановити залежність між напруженням і деформацією.*

*Підстилковий гній - складна полідисперсна багаторазова система, яка становить собою дисперсію рідини у твердому тілі. Дисперсна фаза гною складається із твердих ескрементів тварин, залишків корму і підстилкового матеріалу. Дисперсним середовищем є рідкі ескременти тварин і технологічна вода. Залишки корму та підстилковий матеріал зв'язані між собою молекулярними зв'язками колоїдних часток твердих та рідких ескрементів, утворюючи просторий каркас структури.*

*Аналізуючи результати досліджень фізико - механічних та реологічних властивостей підстилкового гною можна сказати, що знання в цьому напрямку ще не достатні щодо оптимального проектування робочих органів машин дня внесення органічних добрив.*

*Ключові слова - добрива, структура, дослідження, аналіз.*

**Постанова проблеми.** До сьогодні не існує моделі такого середовища, як підстилковий гній, яка б адекватно відображувала в реальних умовах стан об'єкту, існуючі в ньому та ефекти .

Для таких багато компонентних систем фізико - механічні та реологічні властивості під час навантаження настільки ускладнюються, що складання рівнянь становить складну задачу. При побудові реологічної моделі слабо розкладеного гною в межах вологості 65 - 85% користуються найпростішими моделями, які відображають найбільш важливі властивості середовища - пружність, пластичність та в'язкість, а також реологічними кривими течії, побудованими за експериментальними даними.

**Метою досліджень** органічних добрив в наведених межах вологості і соломистості 15- 25% є визначення насипної щільності, яка змінюється в межах 500-230 кг/м<sup>3</sup>, вплив збільшення долі підстилки на насипну щільність.

**Основна частина.** Залежність насипної щільності  $\rho$  від вологості  $w$  та соломистості  $\delta$ ,  $\rho = fw\delta$  добре апроксимується рівнянням параболи. Для гною соломистістю 15% між насипною щільністю та вологістю 65-85% існує залежність:

$$\rho = 1,25w^2 - 160w + 5587.8 \quad (1)$$

де  $\rho$  - насипна щільність,  $w$  - вологість, %;

Коефіцієнт тертя ковзання слабзорозкладеного гною по стерні озимих при постійному нормальному тиску залежить в рівній мірі як від вологості, так і від кількості підстилки (рисунок 1).

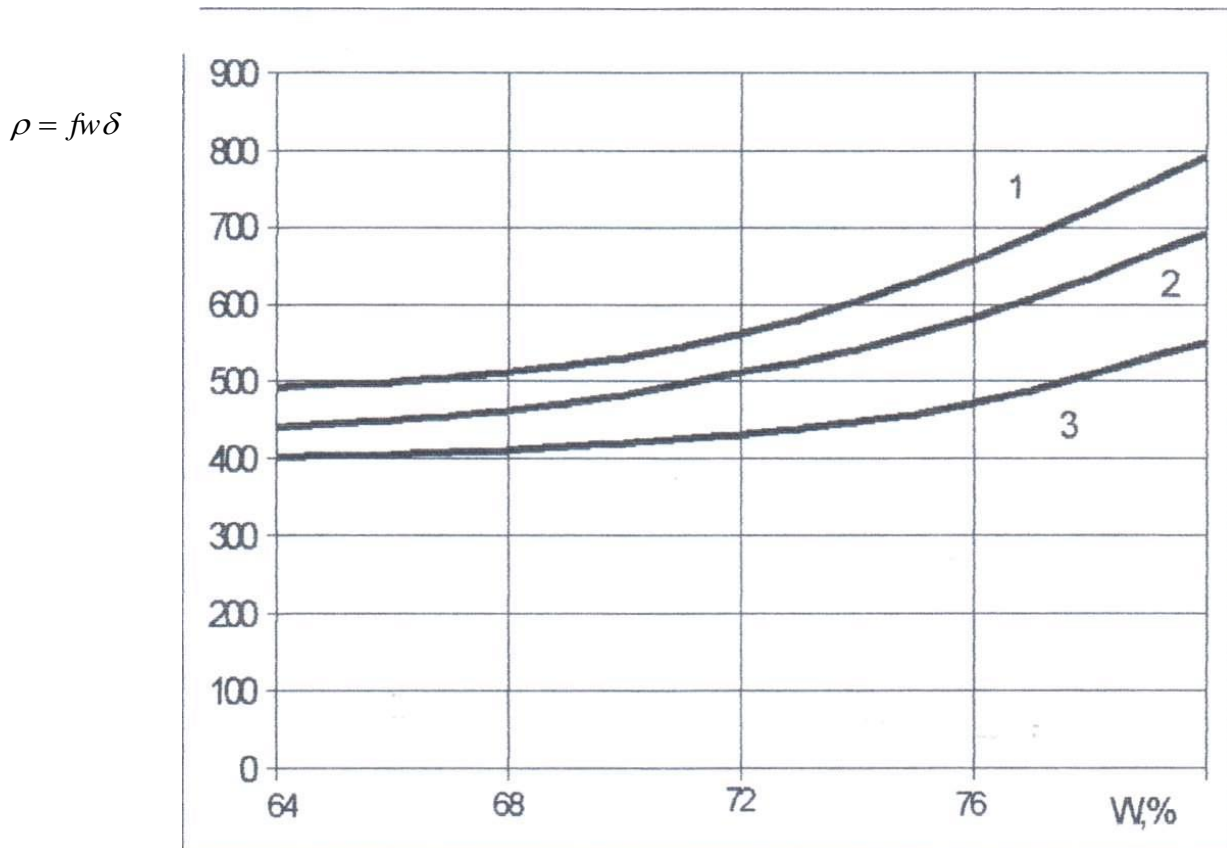


Рис. 1 – Змінювання насипної щільності слабзорозкладеного гною в залежності від вологості, при соломистості: 1-5%; 2-10%; 3-15%

При збільшенні вологості він спочатку збільшується, а потім зменшується. Це пояснюється молекулярно-кінетичною теорією, згідно якої сила тертя пропорційна навантаженню та силі молекулярного тяжіння тіл, які труться, що забезпечує міцність їх зв'язків. Збільшення вологості зменшує міцність внутрішніх зв'язків самого гною, виникає здвиг в середині шару, що приводить до зниження коефіцієнта тертя ковзання. Зі збільшенням частки підстилки він збільшується.

Соломистий гній краще зберігає форму скелета, він менш пластичний, в нього значно вища напруга внутрішнього здвигу, крім того при переміщенні по стерні орієнтація стебел не сприяє легкому ковзанню. Залежність між коефіцієнтом тертя ковзання по стерні та вологістю слабзорозкладеного гною соломистістю 15% має вигляд:

$$f_c = -5,6 \cdot 10^{-4} w^2 + 8,98 \cdot 10^{-2} \cdot w - 2,74 \quad (2)$$

де  $f_c$  - коефіцієнт тертя ковзання;  $w$  - вологість, %.

При вивченні кривих консистентності гною  $h = f(p)$  при течії в ротаційнім віскозиметрі, визначена природа матеріалу. Крива консистентності не проходить початок координат, що означає, що досліджуваний матеріал можна віднести до групи твердоутворюючих тіл, котрі мають граничні напруження здвигу, Реологічні властивості такої твердоутворюючої структури характеризується залежності:  $\varepsilon = f(\tau)$ .

Прямолінійна ділянка реологічної кривої  $\varepsilon = f(\tau)$  відповідна встановленому режимові в межах вологості 65-85% і солomистості 15-25% гною, апроксимується з найменшою помилкою рівнянням виду:

$$Y = Ax + B \quad (3)$$

Вільний член  $B$  має негативний знак. З цього зрозуміло, що напрям вектора деформації та сили, яка викликає деформацію в ротаційнім віскозиметрі, не зберігається.

Якщо значення реологічних коефіцієнтів прийняти  $A = 1/2$ ,  $B = -\tau_0/\tau$ , то рівняння (3) прийме наступний вид:

$$\varepsilon = 1/\eta\tau - \tau/\eta \quad (4)$$

де  $\eta$  - коефіцієнт в'язкості,  $Па \cdot c$ ;  
 $\tau_0$  граничне напруження здвигу.  $Па$ .

Така структура володіє пружністю, пластичністю та в'язкістю, реологічна модель, якої підпорядковується закону Шведова-Бінгама.

При вивченні залежності граничного напруження здвигу та в'язкості слабзорозкладеного гною від вологості та солomистості легко помітити, що реологічні характеристики в більшій мірі залежать від вологості, ніж від солomистості (рисунок 2).

При зменшенні вологості граничне напруження здвигу та в'язкість різко збільшується. Інтенсивність їх зростання із збільшенням частки підстилки знижується це можна пояснити в такий спосіб.

При малій солomистості гною в одиниці об'єму більше часток екскрементів тварин, котрі повністю обволікають солому і тим самим забезпечують міцність їх зчеплення. З підвищенням частки підстилки на одиницю об'єму становиться недостатньо екскрементів, щоб зв'язати її, що приводить до зниження міцності зчеплення.

Пластичність буде тим більша, чим краще матеріал зберігає свою форму, тобто, чим більше граничне напруження здвигу. З іншого боку, матеріал повинен вважатися більш пластичним, якщо він легше деформується і обробляється за межею течії, тобто якщо у нього буде менша пластична в'язкість.



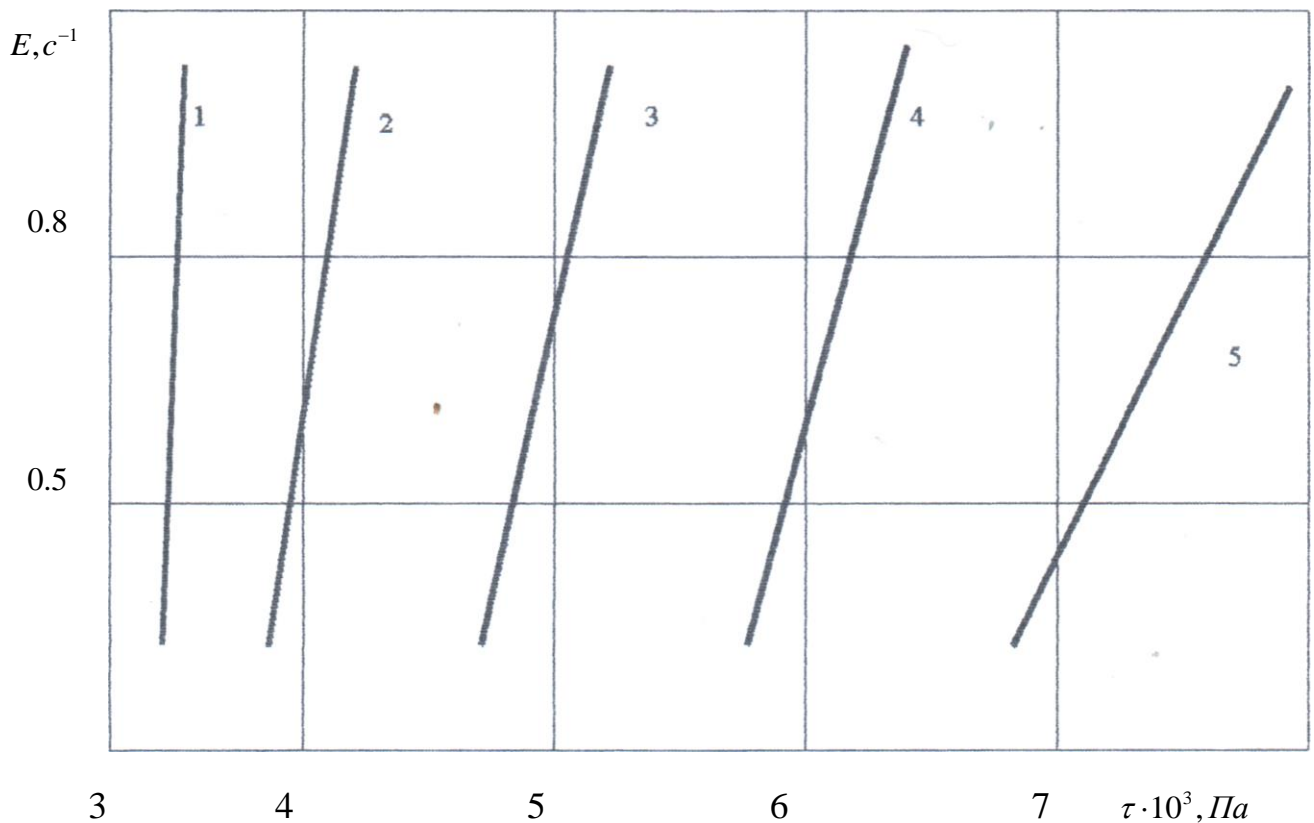


Рис. 2 – Залежність опору здвигу від швидкості течії і слаблорозжиженого гною соломистістю 5% при вологості: 1 - 79,8%; 2 - 76,3%; 3 - 72%; 4 - 68,5%; 5 - 64,4%

Із цього слідує, що пластичність гною визначається не властивостями часток, утворюючи структуру, а характером коагуляційних зв'язків, утворюючих просторовий каркас. В твердоутворюючій структурі частки зв'язані між собою вандервальсовими силами через тонкі прошарки рідкої фази. Наявність рідкої фази полегшує процес ущільнення структури способом зневоднення.

Поступове виведення води забезпечується зближенням часток і викликає значне підвищення міцності.

Ущільнення маси гною проходить за рахунок зменшення пористості, видавлювання води, відбувається наче б то більш щільніша укладка часток.

При цьому взаємні здвиги відсутні, а перебудова структури супроводжується «без розриву зв'язків. Із зростанням навантажування характер деформації змінюється. В результаті зменшення об'єму щілин значно збільшуються сили взаємодії між частками. Ці сили у подальшому починають перешкоджати зближенню часток і в матеріалі виникають площини здвигов. Весь масив, який деформується, охоплюється здвигами і переміщенням окремих часток без помітної зміни об'єму.

Весь масив, втягнений в деформацію охоплюється здвигами, проходить пластична течія гною.

#### **Висновки.**

1. Рівняння в'язкопластичної течії для одномірного здвигу з достатньою точністю характеризує таку дисперсну систему як гній.
2. Властивість матеріалу характеризується при цьому двома величинами



граничним напруженням зсуву та пластичною в'язкістю.

3. Отримані рівняння мали змогу об'єктивно визначити характеристики матеріалу та спроектувати нові органи машин для внесення органічних добрив.

### Список використаних джерел

1. Васильєв В.А., Филиппов Н.В. справочник по органическим удобрениям. -М.: Россельхозиздат, 1984. - 254 с.
2. Марченко Н.М., Личман Г.И. Основные вопросы теории расчета движения жидкого навоза. // Научные вопросы механизации внесения органических удобрений. - М.: Колос, 1974. - 49с.

### Аннотация

## СОСТАВНЫЕ СТРУКТУРЫ ТВЕРДЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

Мельник В.И., Романашенко А.А.

*В работе определены физико-механические и реологические свойства солоमистого слаборазложившегося навоза. Для описания стационарных процессов деформации навоза, предлагается использовать теорию вязкопластического течения.*

*Приводятся результаты экспериментальных исследований физико-механических и реологических свойств слабо-разложеного навоза в широких границах влажности. Предлагается модель состояния среды, которая позволит восстановить зависимость между напряжением и деформацией.*

*Подстилочный навоз – сложная полидисперсная многофазовая система, которая являет собой дисперсную жидкость в твердом теле. Дисперсная фаза навоза состоит из твердых экскрементов животных, остатков кормов и подстилочного материала. Дисперсной средой есть жидкие экскременты животных и технологическая вода. Остатки кормов и подстилочный материал связаны между собой молекулярными связями коллоидных частиц твердых и жидких экскрементов, которые образуют пространственный каркас структуры.*

*Анализируя результаты исследований физико-механических и реологических свойств подстилочного навоза можно сказать, что знания в этом направлении недостаточны, относительно оптимального проектирования рабочих органов машин для внесения твердых органических удобрений.*

*Ключевые слова – удобрения, структура, исследования, анализ*

### Abstract

## COMPOSITE STRUCTURES OF SOLID ORGANIC FERTILIZERS

V. Melnik, A. Romanashenko

*The physico-mechanical and rheological properties of straw of weakly*

*decomposed manure are determined in the work. To describe the stationary processes of manure deformation, it is proposed to use the theory of viscoplastic flow.*

*The results of experimental studies of physico-mechanical and rheological properties of weakly decomposed manure in wide moisture limits are presented. A model of the state of the medium is proposed, which will allow us to restore the relationship between stress and strain.*

*Litter manure is a complex polydisperse reusable system, which is a dispersed liquid in a solid. The dispersed phase of manure consists of solid animal excrement, remains of feed and litter material. Dispersive medium is liquid excrement of animals and process water. The remains of feed and litter are linked together by molecular bonds of colloid particles of solid and liquid excrement, which form the spatial framework of the structure.*

*Analyzing the results of studies of the physico-mechanical and rheological properties of litter manure, it can be said that knowledge in this direction is insufficient, with regard to the optimal design of the working organs of machines for applying solid organic fertilizers.*

*Key words - fertilizer, structure, research, analysis.*

## ОБОСНОВАНИЕ ПРОФИЛЯ ПЛОСКОРЕЖУЩЕЙ ЛАПЫ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ ВАРИАЦИОННОГО ИСЧИСЛЕНИЯ

Турчин В.Я., асп., Аникеев А.И., к.т.н., доц., Храмов Н.С., асп.

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко*

*С целью минимализации обработки почвы, получены рациональные параметры плоскорежущей лапы с применением метода конечных элементов, показан пример решения трехмерной задачи по обоснованию профиля плоскорежущей лапы. Построен профиль крыла плоскорежущей лапы на основании полученных результатов исследований с целью снижения его сопротивления движению в почве. Экспериментально показана энергетическая эффективность усовершенствованных рабочих поверхностей при сохранении качественных показателей рыхления почвы.*

Плоскорежущая лапа имеет два крыла прямолинейного профиля, расположенных симметрично относительно ее продольной оси. Поэтому для уточнения профиля достаточно рассмотреть одно ее крыло. При этом сохраним его параметры: угол раствора  $\gamma_1$ , прямолинейность лезвия и заднего обреза крыла, высоту подъема почвы.

Обоснование профиля универсальной стрелчатой лапы показало, что решение трехмерных задач с применением прямых методов вариационного исчисления требует громоздких преобразований. Кроме того, из-за низкой сходимости решения уравнений на ЭВМ усложняется получение конечных результатов.

Прямые методы вариационного исчисления Ритца-Бубнова получили широкое применение при решении задач математической физики и техники. Однако для математического моделирования деталей и агрегатов сложной поверхности (кузов автомобиля, отвал корпуса плуга и т.д.) на базе многочленов они применяются весьма ограниченно из-за громоздкости вычислений. Использование этих методов с применением сплайнов открыло новые возможности для решения технических задач, в том числе и задач земледельческой механики.

Метод конечных элементов известен более полувека, однако широкое распространение для решения научно-технических задач получил только в последнее время – на базе применения современных электронно-вычислительных машин. Теория метода и его использование изложены во многих литературных источниках [1 - 3].

Идея метода конечных элементов состоит в аппроксимации непрерывных величин (континуума) дискретными. Под конечным элементом области  $\Omega$  понимают такую ее подобласть, которая, с одной стороны, имеет относительно малые геометрические размеры, с другой – разбиение области остается

конечным.

Рассмотрим, с применением метода конечных элементов, пример решения трехмерной задачи по обоснованию профиля почвообрабатывающего рабочего органа. Для получения зависимости тягового сопротивления движению крыла лемеха плоскорежущей лапы воспользуемся выкладками и допущениями задачи.

Зафиксируем профиль крыла плоскорежущей лапы в подвижной системе координат  $(x, y, z)$  (рис. 1). Проекция неизвестной поверхности профиля лемеха лапы на плоскость  $xOy$  показана на рисунке 2. Уравнения линий  $OC$ ,  $OA$ ,  $AB$  и  $BC$ , ограничивающих границы области проекции поверхности крыла лапы, имеют вид выражений (1).

$$\begin{aligned}
 y &= x \operatorname{tg} \gamma_1; \\
 y &= 0; \\
 y &= (x_A - x) \operatorname{tg} \gamma_2; \\
 y &= y_C,
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

где  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$  – углы между осью  $x$  и соответственно линиями  $OC$  и  $A_1B$ ,  $x_c$  и  $y_c$  – координаты точек.

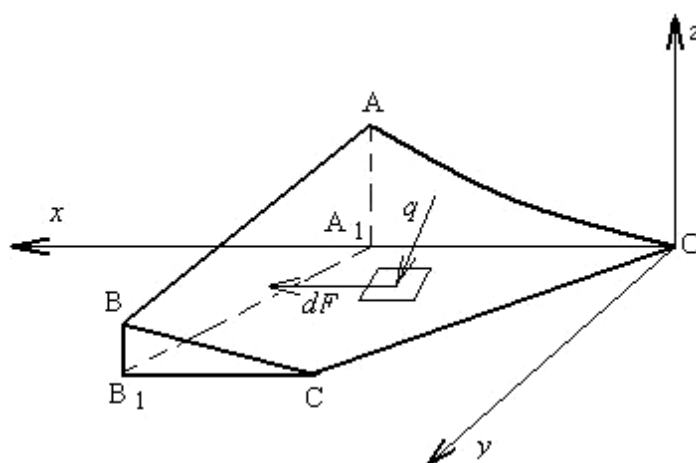


Рис. 1 – Схема к обоснованию профиля крыла лемеха плоскорежущей лапы.

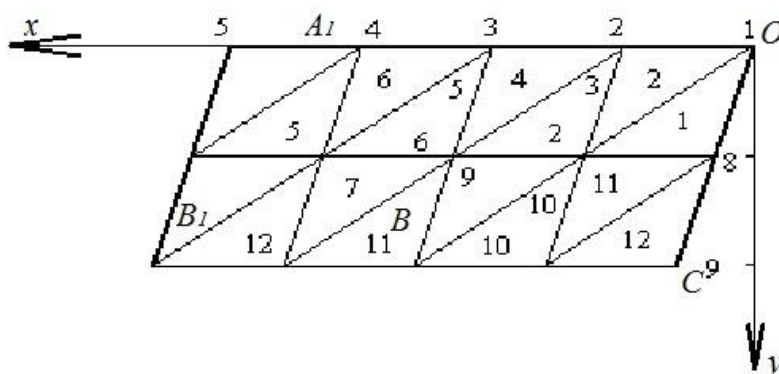


Рис. 2 – Проекция поверхности крыла лапы на плоскость  $xOy$

Интегральное выражение запишем в виде:

$$R_x = \int_0^{x_C} \int_0^{x \operatorname{tg} \gamma} (q_x + dF_x) dx dy + \int_{x_C}^{x_B} \int_0^{y_C} (q_x + dF_x) dx dy - \int_{x_A}^{x_B} \int_0^{(x_A + x_B) \operatorname{tg} \gamma} (q_x + dF_x) dx dy. \quad (2)$$

Значения проекции на ось  $OX$  нормального давления почвы на рабочий орган определим  $q_x$  и значения элементарной силы на ось  $x$  –  $dF_x$  вычислим соответственно по формулам (3) и (4) [4,5]:

$$q_x = b\rho v^2 \left(1 - \frac{z}{H}\right) \frac{z_x'^4}{(1 + z_x'^2)(1 + z_x'^2 + z_y'^2)^{1/2}}, \quad (3)$$

где  $H$  – глубина хода лапы.

$$dF_x = bf\rho v^2 \cos \theta_2 \left(1 - \frac{z}{H}\right) \frac{z_x'^3}{(1 + z_x'^2)^{3/2}}. \quad (4)$$

Область интегрирования (рис. 2) функционала (2) разбиваем с равномерным шагом на простые элементы в виде треугольников. Получим 16 элементов и 12 угловых точек, называемых узлами. Тогда кусочно-линейная аппроксимация искомой поверхности может быть представлена линейной комбинацией функций

$$z = \sum_{k=1}^{12} C_k \varphi_k. \quad (5)$$

При этом она должна удовлетворять граничным условиям:

$$\varphi_1 = \varphi_8 = \varphi_9 = \varphi_{16} = \varphi_{17} = 0; C_4 \varphi_4 = 0,060 \text{ м}; C_5 \varphi_5 = 0,059 \text{ м};$$

$$C_{12} \varphi_{12} = 0,058 \text{ м}.$$

Каждая базисная функция  $\varphi_k$  должна быть линейной, кусочно-непрерывной, равной единице в узлах внутри области определения и равной нулю – вне ее. Базисные функции должны быть определены для всех  $m$  элементов, имеющих связь с узлом  $K$ .

$$\varphi_k = \sum_{j=1}^m \varphi_{k_j}^e. \quad (6)$$

Присваиваем номера узлам  $i, j$  и  $k$  со строгим сохранением для каждого

элемента порядка следования против часовой стрелки указанных индексов и строим систему функций формы:

$$\varphi_i^{e_o} = \begin{cases} -\frac{1}{2S} [(x-x_j)(y_k-y_j)-(y-y_j)(x_k-x_j)] & \text{для } (x,y) \in e_o; \\ 0 & \text{для } (x,y) \notin e_o; \end{cases}$$

$$\varphi_j^{e_o} = \begin{cases} -\frac{1}{2S} [(x-x_k)(y_i-y_k)-(y-y_k)(x_i-x_k)] & \text{для } (x,y) \in e_o; \\ 0 & \text{для } (x,y) \notin e_o; \end{cases} \quad (7)$$

$$\varphi_k^{e_o} = \begin{cases} -\frac{1}{2S} [(x-x_i)(y_j-y_i)-(y-y_i)(x_j-x_i)] & \text{для } (x,y) \in e_o; \\ 0 & \text{для } (x,y) \notin e_o; \end{cases}$$

где  $S$  – площадь треугольника, вычисляемая с помощью определителя

$$2S = \begin{vmatrix} 1 & x_i & y_i \\ 1 & x_j & y_j \\ 1 & x_k & y_k \end{vmatrix}. \quad (8)$$

Для нахождения значений коэффициентов  $C_k$ , которые бы обеспечивали функционалу экстремальное значение, продифференцируем выражение (6) по  $C_k$  и приравняем к нулю:

$$\frac{\partial R_x}{\partial C_k} = \int_0^{x_C} \int_0^{x \operatorname{tg} \gamma} \frac{\partial (q_x + dF_x)}{\partial C_k} dx dy + \int_{x_C}^{x_B} \int_0^{y_C} \frac{\partial (q_x + dF_x)}{\partial C_k} dx dy +$$

$$+ \int_{x_B}^{x_A} \int_0^{(x_A-x) \operatorname{tg} \gamma_2} \frac{\partial (q_x + dF_x)}{\partial C_i} dx dy \quad (9)$$

Для решения системы уравнений (9) с помощью персонального компьютера составляем вспомогательные табл. 1 и 2.

Профиль крыла плоскорезущей лапы, построенный на основании полученных результатов исследований с целью снижения сопротивления ее движению в почве показан на рис. 3.

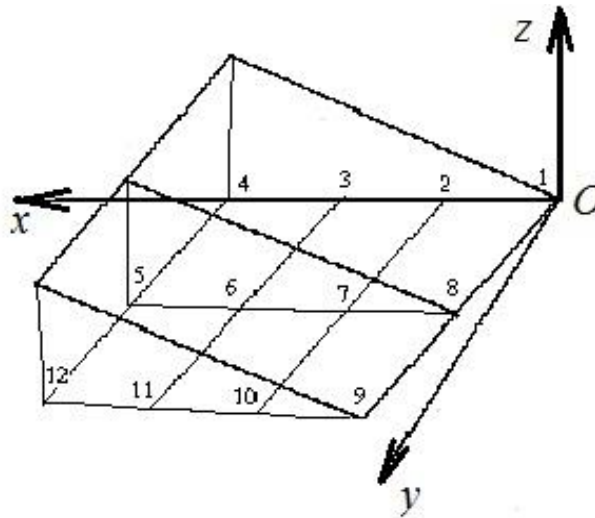


Рис. 3 – Расчетный профиль крыла плоскорежущей лапы

Таблица 1 – Координаты узловых точек и номера смежных с узлом конечных элементов

$\varphi_k$	$x_k$	$y_k$	Номера элементов
1	0	0	1; 2
2	$d_2$	0	2; 3; 4
3	$2d_2$	0	4; 5; 6
4	$3d_2$	0	6
5	$3d_2 + d_3 \operatorname{ctg} \gamma$	$d_3$	5; 6; 7
6	$2d_2 + d_3 \operatorname{ctg} \gamma$	$d_3$	3; 4; 5; 7; 8; 9
7	$d_2 + d_3 \operatorname{ctg} \gamma$	$d_3$	1; 2; 3; 9; 10; 11
8	$d_3 \operatorname{ctg} \gamma$	$d_3$	1; 11; 12
9	$2d_3 \operatorname{ctg} \gamma$	$2d_3$	12; 13
10	$d_2 + 2d_3 \operatorname{ctg} \gamma$	$2d_3$	12; 11; 10
11	$2d_2 + 2d_3 \operatorname{ctg} \gamma$	$2d_3$	10; 9; 8
12	$3d_2 + 2d_3 \operatorname{ctg} \gamma$	$2d_3$	8; 7

Решив систему уравнений (9)  $k$ -го порядка с учетом соотношения (5), находим значения искомых коэффициентов  $C_k$  и определяем узловые значения функции  $z_k$ , выраженные в  $10^{-5}$  м:

$$z_2 = 1780; \quad z_3 = 3720; \quad z_6 = 3655; \quad z_7 = 1749;$$

$$z_{10} = 1718; \quad z_{11} = 3590.$$

При решении системы уравнений принимали  $x_A = 0,2$  м;  $x_o = 0,42$  м;  $y_C = 0,56$  м;  $x_B = 0,62$  м;  $y_B = 0,56$  м;  $d = x/3$ ;  $d' = x/4$ .

Решение системы уравнений относительно искомых коэффициентов с учетом значений функций при заданных граничных условиях позволяет найти значения  $C_k$  и построить профиль рабочего органа.

Экспериментальные исследования по обоснованию профиля

плоскорежущей лапы проводились после высыхания подготовленной почвы в канале влажностью до 19...20 %. Вид поверхности почвы после прохода экспериментального лемеха показан на рис. 4.

Таблица 2 – Порядок присвоения индексов узлам конечных элементов

Номер элемента	Индексы узлов		
	<i>i</i>	<i>j</i>	<i>k</i>
1	1	7	8
2	1	2	7
3	2	6	7
4	2	3	6
5	3	5	6
6	3	4	5
7	6	5	12
8	6	12	11
9	7	6	11
10	7	11	10
11	8	7	10
12	8	10	9



Рис. 4 – Вид поверхности почвы после прохода экспериментального подрезающе-подъемного рабочего органа

Результаты данных показывают, что доля влияния фактора составляет 96,85 %, достоверность полученных данных по критерию Фишера – 95 %, наименьшая существенная разница – 1,561 мм.

Определение влияния глубины хода подрезающе-подъемного устройства на величину образованных огрехов между плоскорежущими лапами с загнутыми крыльями проводился в полевых условиях при влажности почвы 20,5 %. После вскрытия обработанного слоя почвы на дно борозды укладывался белый шнур, фотографировался и визуально оценивалась равномерность обработки почвы по ширине захвата рабочих органов (рис. 5).





Рис. 5 – Вид дна борозды после прохода экспериментальных подрезающе-подъемных рабочих органов

В стыковых промежутках прохода рабочих органов (рис. 5) образуются выступы, которые влияют на равномерность глубины обработки почвы по ширине захвата машины.

Результаты дисперсионного анализа показывают, что доля влияния фактора составляет 73,08 %, достоверность по критерию Фишера – 95 %, наименьшая существенная разность – 0,017 м.

Анализ данных показывает, что неравномерность глубины обработки почвы по ширине захвата машины превышает допустимые требования по отклонению равномерности заделки семян в почву, которые составляют для мелких семян 0,5 см, а для более крупных – 1 см.

Поэтому предлагаемая машина с рабочими органами в виде стрельчатых лап с загнутыми вверх крыльями и установленными в один ряд со стыковыми зазорами не может быть использована для предпосевной обработки почвы при совпадении направления движения экспериментальной почвообрабатывающей машины и посевного агрегата. Для улучшения равномерности заделки семян по глубине в таком случае можно использовать общеизвестные требования – посевной агрегат перемещается под углом по отношению к направлению движения почвообрабатывающего агрегата. Для других видов обработки неравномерность глубины по ширине захвата машины не превышает 25 %.

#### **Выводы.**

1. Использование в качестве подрезающе-подъемного органа плоскорежущей лапы с загнутыми вверх крыльями снижает боковое смещение почвы от стойки и тем самым обеспечивает снижение гребнистости почвы.
2. Исследования показали, что рабочие органы в виде стрельчатой лапы с загнутыми вверх крыльями и установленными в один ряд со стыковыми зазорами не могут быть использованы для предпосевной обработки почвы при совпадении направления движения экспериментальной машины с посевным агрегатом.

3. Для обработки почвы и большей глубины заделки семян рекомендуется использование плоскорезущей лапы с загнутыми крыльями.

#### **Список использованных источников**

1. Завьялов Ю.С. Методы сплайн-функций / Ю.С. Завьялов, Б.И. Квасов, В.Л. Мирошниченко. – М.: Наука, 1980. – 350 с.
2. Калиниченко В.И. Введение в метод конечных элементов: специальный курс / В.И. Калиниченко, В.И. Дорофеева, С.М. Шкребец –Харьков: Изд-во ХГУ, 1993. – 40с.
3. Марчук Г.И. Методы вычислительной математики / Г.И. Марчук. – М.: Наука, 1977.
4. Пащенко В.Ф. Механико-технологические средства эколого-экономического совершенствования процессов обработки почвы: дис. д-ра. техн. наук. – Харьков, 2005. – 314 с.
5. Василенко П.М. Культиваторы / П.М. Василенко, П.Т. Бабий. – К., 1961. – 240с.

#### **Анотація**

### **ОБГРУНТУВАННЯ ПРОФІЛЮ ПЛОСКОРІЗУЮЧОЇ ЛАПИ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДІВ ВАРІАЦІЙНОГО ОБЧИСЛЕННЯ**

Турчин В.Я., Анікеєв О.І., Храмов М.С.

*З метою мінімізації обробітку ґрунту, отримано раціональні параметри плоскоріжучої лапи із застосуванням методу кінцевих елементів, показаний приклад вирішення тривимірної задачі по обґрунтуванню профілю плоскоріжучої лапи. Побудований профіль крила плоскоріжучої лапи на підставі отриманих результатів досліджень з метою зниження його опору руху в ґрунті. Експериментально показана енергетична ефективність удосконалених робочих поверхонь при збереженні якісних показників розпушування ґрунту.*

#### **Abstract**

### **JUSTIFICATION OF THE PROFILE OF THE PLANE-CUTTING PAINT WITH THE METHODS OF VARIATIONAL CALCULUS**

V. Turchin, A. Anikeev, N. Khramov

*In order to minimize soil cultivation, rational parameters of the plane-cutting paw with the use of the finite element method were obtained, an example of the solution of the three-dimensional problem for the substantiation of the profile of the plane-cutting paw is shown. The profile of the wing of the flat-cutting lapa is constructed on the basis of the obtained results of studies in order to reduce its resistance to movement in the soil. The energy efficiency of improved working surfaces has been experimentally shown while maintaining the qualitative indices of soil loosening.*

## ІННОВАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО РОЗВИТКУ МАТЕРІАЛЬНО-ТЕХНІЧНОЇ БАЗИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ УКРАЇНИ

**Луцьова В.А., к.е.н.**

*Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна*

**Онегіна В.М., д.е.н., проф., Лисиченко М.Л., д.т.н., проф.,  
Панкова О.В., к.с.-г.н., доц.**

*Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка*

*У статті досліджено основні теоретичні аспекти формування організаційно-економічних засад розвитку матеріально-технічної бази сільськогосподарських підприємств України. Досліджено сутність поняття «матеріально-технічна база сільського господарства України», теоретичні положення матеріально-технічного забезпечення, як чинника впливу на ефективність її використання, запропоновані ознаки інтенсифікації аграрного виробництва на основі інновацій, узагальнено теоретико-методичні підходи до оцінки стану та ефективності системи матеріально-технічного забезпечення галузі. Запропоновано синтез класичного та інноваційного підходів до формування і використання матеріально-технічної бази сільськогосподарського виробництва. Визначено поелементну структуру матеріально-технічної бази сільськогосподарських підприємств. Розглянуто наявність основних видів техніки сільськогосподарських підприємств України за 2011-2015 рр. Дана оцінка динаміці змін парку тракторів, комбайнів та сільськогосподарської техніки до показників енергетичного забезпечення. Оцінений віковий склад техніки і вказано на негативні тенденції збільшення ступеня його фізичного і морального зносу. Запропоновано заходи державної аграрної політики, які б сприяли зміцненню інноваційного потенціалу сільськогосподарських підприємств та визначені пріоритетні напрями формування структурних елементів матеріально-технічної бази сільського господарства на інноваційній основі. Обґрунтовано напрями інвестиційно-інноваційного розвитку матеріально-технічної бази сільського господарства, що у подальшому може стати основою розробки комплексних програм інвестиційно-інноваційного розвитку галузі та ефективності використання її матеріально-технічної бази, спрямованих на забезпечення інтенсивного типу економічного зростання.*

*Ключові слова - підприємство, сільське господарство, матеріально-технічна база, матеріально-технічне забезпечення, інвестиції.*

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Сьогодні роль інновацій в економічній системі займає одну з провідних місць. Інновації є головним фактором довгострокового економічного розвитку. Широке впровадження інновацій в усіх напрямках діяльності підприємств забезпечує їх успішне

функціонування і надає конкурентні переваги. Розуміння виключного значення переходу економіки України на інноваційну модель розвитку знайшло відображення і в законодавчо-нормативних актах, і в працях вчених, і в навчальному процесі у вишах. Ще 13 липня 1999 р. була прийнята Постанова Верховної Ради України «Про концепцію науково-технологічного та інноваційного розвитку України» № 916-XIV, 17 червня 2009 р. прийнято Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Концепції розвитку національної інноваційної системи» №680-р, Закон України «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності» від 08.09.2011 №3715-VI визначив основні засади державної інноваційної політики. У проекті «Стратегії інноваційного розвитку України на 2010–2020 рр. в умовах глобалізаційних викликів» цілком слушно відзначається: «Сучасні досягнення України в міжнародному вимірі конкурентоздатності економіки, рівня розвитку і особливо ефективності функціонування національної інноваційної системи є недостатніми для забезпечення сталого розвитку вітчизняної економіки, гарантованої національної безпеки, виходу в найближчій перспективі за рахунок економічного зростання на європейські стандарти життя українських громадян» [1].

Основу (фундамент) інноваційного розвитку закладає наявний інноваційний потенціал, а саме розроблення й упровадження дієвих механізмів ефективного використання матеріально-технічної бази з урахуванням науково-технологічних досягнень, розвитку системи матеріально-технічного забезпечення сільського господарства, технологічного оновлення виробництва, що стає одним із важливих напрямів підвищення ефективності національної економіки України в цілому та сільськогосподарських підприємств зокрема.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Важливою складовою інноваційного розвитку сільськогосподарських підприємств є створення потужної матеріально-технічної бази, яка б відповідала світовим стандартам і сучасним вимогам новітніх технологій, забезпечувала конкурентоспроможність аграрного сектора. Технічне оснащення аграрного виробництва є надзвичайно важливим з точки зору можливостей впровадження інтенсивних технологій виробництва, як у галузі рослинництва, так і в тваринництві. Лише за умови наявності необхідних сільськогосподарських машин можлива реалізація генетичного потенціалу вирощуваних культур, адже проведення всіх технологічних операцій регламентовано в часі та вимагає високої якості їх проведення. Як показує світовий досвід, прогресивний поступальний розвиток сільського господарства та конкурентоспроможність товаровиробників можливі лише при умові відповідного техніко-технологічного забезпечення.

Матеріально-технічний та технологічний потенціал сільськогосподарського виробництва є, з одного боку, важливою умовою інноваційного розвитку підприємств, з іншого – його результатом. Інновації у машинобудуванні, хімічній промисловості, біології, низьковуглеводних та нанотехнологіях зумовлюють якісні та кількісні зміни у засобах та предметах праці сільськогосподарського виробництва, технологічних процесах та виступають невід’ємною складовою інноваційного розвитку

сільськогосподарських підприємств. Впровадження виробничо-технологічних, продуктових, соціальних та екологічних інновацій, стають поштовхом для впровадження управлінсько-економічних інновацій.

Проблемами матеріально-технічного забезпечення, матеріально-технічної бази сільськогосподарських підприємств України займалися такі вчені, як: І.В. Агеєва, С.П. Азізов, В.Г. Андрійчук, В.І. Артиш, В.Г. Білецький, Я.К. Білоусько, І.Д. Бурковський, В.В. Вітвіцький, А.М. Головка, В.В. Іванишин, М.І. Кісіль, С.М. Колотуха, О.М. Левченко, М.Р. Ліндерс, П.М. Макаренко, М.Й. Малік, Л.О. Мармуль, К.М. Мельник, М.М.Могилова, П.О. Мосіюк, Ю.М. Новіков, О.В. Олійник, В.І. Перебийніс, Г.М. Підлісецький, В.В. Россоха, П.Т. Саблук, В.П. Ситник, О.В. Тихонов, І.Н. Топіха, В.М. Трегобчук, О.В. Ульяновченко, І.Л. Федун, Л.М. Фільштейн, Г.В. Черевко, В.Шебанін, В.Б. Шкляр, О.Г.Шпикуляк, О.С. Щекевич та ін. [2-11].

Проте, не зважаючи на глибину проведених досліджень, питання, пов'язані із визначенням напрямів удосконалення ключових аспектів формування та підвищення ефективності розвитку матеріально-технічної бази сільськогосподарських підприємств, потребують поглиблених досліджень.

**Мета та постановка задачі.** Метою цієї статті є уточнення сутності інноваційного підходу до розвитку матеріально-технічної бази сільськогосподарських підприємств України, їх змін за останні 5 років (2011–2015 рр.) та заходів державної політики, які б сприяли його зростанню.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Матеріально-технічний потенціал інноваційного розвитку сільськогосподарських підприємств, до складу якого в нашому аналізі ми включаємо і технологічний потенціал, розглядаємо як сукупність земельних та матеріально-технічних ресурсів підприємства (будинки, споруди, системи енергопостачання, машини, обладнання, устаткування, інструменти, насіння, добрива, корми, засоби захисту рослин, паливо, енергія та ін.), форм та способів їх поєднання, тобто всі засоби, предмети праці і способи їх поєднання, за рахунок яких сільськогосподарське підприємство забезпечуватиме виробництво сільськогосподарської продукції [12]. Комплексний аналіз матеріально-технічного потенціалу інноваційного розвитку виходить за обсяги однієї статті, тому ми зупинимось лише на окремих його аспектах.

За даними Міністерства аграрної політики та продовольства України, щорічні потреби в оновленні машинно-тракторного парку АПК становлять: 40 тис. одиниць тракторів (у т.ч. з тяговою силою типу Т-150 - 10 тис. од.), 7,5 тис. одиниць зернозбиральних комбайнів, 2,1 тис. одиниць кормозбиральних комбайнів, 50 тис. одиниць ґрунтообробних та посівних машин. Рівень зношеності техніки та обладнання у сільському господарстві станом на 01.05.2013 р. становив 70% (у т. ч. тракторів – близько 78%, зернозбиральних комбайнів – близько 72%). Через фізичне зношення та технічні несправності щорічно не використовується 25-35% тракторів, комбайнів та інших сільськогосподарських машин [13]. Основними машинами сільське господарство забезпечено лише на 40-50%. Майже 85% технічних засобів, що залишилися у сільськогосподарських підприємствах, відпрацювали по одному і

більше нормативних строків, що призводить до грубих порушень технологічних регламентів вирощування сільськогосподарських культур [14,15]. Як правило, цю техніку намагаються відремонтувати та використовувати надалі.

Відзначимо позитивну динаміку в досліджуваному періоді зростання вартості основних засобів у галузі, фондооснащеності та фондоозброєності. Вартість основних засобів була більшою у 1,5 рази в 2015 р. порівняно з 2010 р., фондооснащеність, за нашою оцінкою, в сільськогосподарських підприємствах підвищилася в 1,6 рази (з 3,29 тис. грн. на один га до 5,29), фондоозброєність праці – в 1,9 рази (з 104,84 тис. грн. на одного працівника до 196,31 тис. грн.). У таблиці 1 наводяться дані щодо кількісних змін в найбільш активній частині основних засобів – сільськогосподарській техніці сільськогосподарських підприємств.

Таблиця 1 – Наявність техніки у сільськогосподарських підприємствах України у 2011–2015 рр. на кінець року

Вид техніки	2011	2012	2013	2014	2015	2015 у % до 2011 р.
Трактори усіх марок, тис. шт.	147,1	150,1	146,0	130,8	127,8	86,9
із розрахунку на 1000 га ріллі, шт.	8	8	8	7	6	75
Зернозбиральні комбайни, тис. шт.	32,1	32,0	30,0	27,2	26,7	83,2
із розрахунку на 1000 га посівної площі зернових, шт.	4	4	4	4	4	4
Комбайни кукурудзозбиральні, тис. шт.	2,3	2,1	2,0	1,8	1,6	69,6
із розрахунку на 1000 га посівної площі кукурудзи, шт.	1	1	1	1	1	1
Бурякозбиральні машини, тис. шт.	3,8	3,6	3,0	2,7	2,4	63,1
із розрахунку на 1000 га посівної площі буряків, шт.	8	9	13	9	11	137,5
Енергетичні потужності – всього, тис. кВт	364360	41438	43223	39107	31020	8,5
Доїльні установи та апарати, тис. шт.	10,8	11,2	11,2	10,5	10,2	94,4

Джерело: складено автором за даними Державної служби статистики України [16-18]

Кількість тракторів, комбайнів у сільськогосподарських підприємствах в Україні зменшилася. Рівень завантаженості тракторів в Україні є набагато вищим, ніж у країнах ЄС. В Україні на 1000 га ріллі у 2012 р. припадало 8 тракторів, тоді як у Німеччині – 80, у Франції – 80, Польщі – 100, в Італії – 200 [19]. Тому в Україні залишається розрив між забезпеченістю технікою сільськогосподарських підприємств та потребою в неї. За оцінкою П.Т. Саблука основними сільськогосподарськими машинами аграрні підприємства забезпечені лише на 45-65% [20].

Наявність сільськогосподарської техніки в Україні не відповідає технологічній потребі. Так, у 2012 р. у сільськогосподарських підприємствах рівень забезпеченості тракторами становив 39% від технологічної потреби, сівалками всіх видів – 40,5%, плугами – 45,1%, зернозбиральними комбайнами – 45,6%, бурякозбиральними машинами – 19,3%. Українськими підприємствами

виробляється лише 1,7 % тракторів від технологічної потреби, 2,5 % сівалок, 5,1 % плугів, 0,2 % зернозбиральних комбайнів [16].

Після 2005 р. спостерігається позитивна різниця між надходженням та вибуттям сільськогосподарської техніки у сільськогосподарських підприємствах. Зокрема, протягом 2012 р. кількісні обсяги закупівлі переважали над обсягами списання по таким позиціям: трактори всіх марок (без тракторів, на яких змонтовані машини), сівалки та машини. У сільськогосподарські підприємства всього надійшло 11024 тракторів, а вибуло 8982, у т.ч.: зернозбиральних комбайнів – 2373 і 2451, кукурудзозбиральних комбайнів – 123 і 246, кормозбиральних – 416 і 712, картоплезбиральних – 111 і 173, бурякозбиральних – 132 і 328, роздавачі кормів для великої рогатої худоби – 277 і 366, транспортери для прибирання гною – 1089 і 1839, відповідно. Виняток становлять лише доїльні установки та апарати, яких надійшло 1135, а вибуло 789 та роздавачі кормів для свиней, яких у 2012 р. надійшло на 230 одиниць більше, ніж вибуло. Але у 2015 році ситуація дещо змінилася (табл. 2).

Таблиця 2 – Рух окремих видів сільськогосподарської техніки у сільськогосподарських підприємствах протягом 2015 р., одиниць

Вид техніки	Наявність на початок року	Надійшло протягом року			Вибуло протягом року			Наявність на кінець року
		всього	у т.ч. куплено	куплено у % до надходження	всього	у т.ч. списано	списано у % до наявності на початок	
Трактори – всього	127078	7126	4600	64,6	6352	2193	1,7	127852
Комбайни і машини:								
зернозбиральні	26896	1668	1200	71,9	1829	605	2,2	26735
кукурудзо-збиральні	1696	94	45	47,9	156	83	4,9	1634
кормозбиральні	5169	236	126	53,4	423	181	3,5	4982
картоплез-биральні	1269	49	21	42,9	103	60	4,7	1215
бурякозби-ральні	2648	47	24	51,1	268	166	6,3	2427
Доїльні установки та апарати	10390	404	268	66,3	562	247	2,4	10232
Роздавачі кормів:								
- для великої рогатої худоби	3516	170	122	71,8	202	108	3,1	3484
- для свиней	3589	196	161	82,1	333	19	0,5	3452
Транспортери для прибирання гною	16874	616	505	82,0	1104	623	3,7	16386

Джерело: складено автором за даними Державної служби статистики України [18]

У таблиці 3 наведені обсяги купівлі нової техніки сільськогосподарськими підприємствами України у 2011–2015 рр.

Статистичні дані засвідчують, що обсяги купівлі всіх видів техніки у 2015 р. були меншими за обсяги закупівель аналогічної техніки у 2010 р.

Тракторів було закуплено у 1,3 рази менше, зернозбиральних комбайнів - у 1,3 рази, кукурудзозбиральних – у 1,5 рази, особливо вражає зменшення закупівель бурякозбиральних комбайнів – у 4,5 рази. Останній факт є свідченням того, що сільськогосподарські підприємства не планують розвивати виробництво цукрових буряків.

Таблиця 3 – Купівля нової техніки сільськогосподарськими підприємствами України у 2010–2015 рр., шт.

Вид техніки	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Трактори	6195	2983	3010	2788	4317	4600
Зернозбиральні комбайни	1513	804	541	524	974	1200
Кукурудзозбиральні комбайни	67	10	20	17	56	45
Бурякозбиральні комбайни	109	35	7	1	31	24
Доїльні установки	788	398	382	552	504	268

Джерело: складено автором за даними Державної служби статистики України [17,18]

Дослідження динаміки вартості основних засобів, фондівіддачі та фондооснащеності у сільськогосподарських підприємствах України узагальнено у таблиці 4.

Таблиця 4 – Фондовіддача, фондоозброєність та фондооснащеність у сільськогосподарських підприємствах України за 2008–2013 рр.

Показники	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2015 р. у % до 2010 р.
Середньорічна вартість основних засобів, млн.грн.	67833	79177	86295	93474	100592	109936	162,07
Валова продукція (у постійних цінах), млн. грн.	94089	121054	113082	136591	133058	148097	157,40
Випуск продукції (у фактичних цінах), млн. грн.	94630	130329	136148	165142	174136	199955	211,30
Кількість працівників, т. осіб	647	634	624	590	596	560	86,55
Площа с.-г. угідь, тис. га	20590	20499	20666	20437	20549	20747	100,76
Прибуток, млн. грн.	17254	25267	26728	15806	21413	25279	146,51
Фондовіддача (за валовою продукцією у пост. цінах)	1,39	1,53	1,31	1,46	1,32	1,35	97,12
Фондовіддача (за випуском продукції у факт. цінах)	1,40	1,65	1,58	1,77	1,73	1,82	130
Фондоозброєність, тис. грн. на одного працівника	104,84	124,88	138,29	158,43	168,78	196,31	187,25
Фондооснащеність, тис. грн. на один га	3,29	3,86	4,18	4,57	4,89	5,29	160,79
Рентабельність основних засобів, %	25,44	31,91	30,97	16,91	21,29	22,99	90,36

Джерело: складено автором за даними Державної служби статистики України [16-18]

Отже, протягом 2010–2015 рр. у сільськогосподарських підприємствах



України відбувалося зростання вартості основних засобів, підвищення фондоозброєності праці та фондооснащеності сільськогосподарських угідь. Але таке зростання не було достатнім для кардинального оновлення основних засобів, перетворення сільськогосподарського виробництва на високотехнологічне, а інновацій - на домінуючий чинник зростання. У таблиці 5 наводяться дані щодо фондівіддачі та фондооснащеності у сільському господарстві в цілому по країні.

Таблиця 5 – Фондовіддача та фондооснащеність у сільському господарстві України за 2010–2015 рр.

Показники	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2015 р. у % до 2010 р.
Середньорічна вартість осн. засобів, млн.грн.	108288	122921	134836	146053	157270	169185	156,24
Валова продукція (у пост. цінах), млн.грн.	194887	233696	223255	252859	251427	239467	122,87
Випуск продукції (у факт. цінах) млн. грн.	189405	253569	261835	308100	316366	362631	191,46
Площа с.-г. угідь, тис. га	36488	36483	36481	36395	36483	36399	99,76
Фондовіддача (за вал. прод. у пост. цінах)	1,80	1,90	1,66	1,73	1,60	1,41	78,33
Фондовіддача (за випуском продукції у факт. цінах)	1,75	2,06	1,94	2,11	2,01	2,14	122,29
Фондооснащеність, тис.грн/га	2,97	3,37	3,70	4,01	4,31	4,65	156,56

Джерело: складено за розрахунками автора

При збігу загальної динаміки показників вартості основних засобів, фондівіддачі, фондооснащеності у сільському господарстві в цілому та у сільськогосподарських підприємствах слід відзначити більш високий рівень фондооснащеності у сільськогосподарських підприємствах, який у 2015 р. був вищим. Коефіцієнт зносу основних засобів у сільському господарстві за даними Державної служби статистики України за 2010–2015 рр. скоротився майже на 4 відсоткових пункти та становив у 2015 р. 31,2%.

Безумовно, впровадження інновацій потребує інвестицій, які залежать від фінансового стану підприємств та доступних для них фінансових ресурсів.

Протягом досліджуваного періоду сільськогосподарські підприємства генерували прибуток та здійснювали капітальні інвестиції, але обсяг інвестицій був нестабільним та недостатнім для комплексного оновлення основних засобів підприємств, для чого за оцінками науковців щорічно має інвестуватися 25 млрд. грн. (у цінах 2010 р.) протягом 10 років [21].

Умови економічної кризи накладають суттєві обмеження на розвиток інвестиційних процесів і через високі ризики та нестабільність, і через брак фінансових коштів. Тому слід очікувати скорочення фінансової складової інноваційного потенціалу сільськогосподарських підприємств в найближчі роки.

Розглядаючи основи економіки інноваційної діяльності, всесвітньо відомий науковець у цій сфері К. Фрімен приділив увагу мікрорівню, макрорівню економіки та державній економічній політиці [22]. Таким чином підкресливши, що інноваційна активність підприємства залежать і від стратегії розвитку підприємств, його інноваційного потенціалу, і від макроекономічних умов, і від заходів держави, спрямованих на підтримку генерації та впровадження інновацій.

**Висновки.** Важливим завданням у нинішніх умовах є економічне обґрунтування способів та напрямів забезпечення розширеного відтворення складових матеріально-технічної бази сільськогосподарських підприємств, поліпшення стану сільськогосподарської техніки. Протягом 2011-2015 рр. мала місце тенденція зменшення складової інноваційного потенціалу сільськогосподарських підприємств України, незначно поліпшилася його матеріально-технічна складова. Але необхідно відмітити, що саме від рівня розвитку технічних систем і механізмів, які мають інноваційний характер, залежать обсяги випущеної сільськогосподарської продукції, її якість, конкурентоспроможність і, в кінцевому рахунку, продовольча незалежність держави.

### Список використаних джерел

1. Стратегія інноваційного розвитку України на 2010-2020 рр. в умовах глобалізаційних викликів : К.: 2010. – 87 с.
2. Білоусько Я.К. Техніко-технологічне забезпечення сільського господарства / Я.К. Білоусько, В.Л. Товстопят // Економіка АПК. – 2009. – №12. – С. 29-33.
3. Білоусько Я.К. Удосконалення техніко-технологічного оснащення аграрного виробництва / Я.К. Білоусько, В.Л. Товстопят.– К.: ННЦ ІАЕ, 2012. – 59 с.
4. Іванишин В.В. Організаційно-економічні засади відтворення і ефективного використання технічного потенціалу аграрного виробництва [монографія] / В.В. Іванишин. –К.: ННЦ ІАЕ, 2011. – 350 с.
5. Підлісецький Г.М. Економічні проблеми відтворення основних засобів у сільському господарстві / Г.М. Підлісецький //Економіка АПК. – 2012. – №1. – С. 184-185.
6. Шпикуляк О.Г. Трансфер технологій в агропромисловому виробництві України / О.Г. Шпикуляк, С.О. Тивончук, С.В. Тивончук // Економіка АПК. –2012. – №5. –С. 131-139.
7. Могилова М.М. Матеріально-технічне забезпечення аграрної галузі / М.М. Могилова, Я.К. Білоусько, Г.М. Підлісецький //Економіка АПК. –2013. – №2. – С. 61-67.
8. Андрійчук В.Г. Капіталізація сільського господарства: стан та економічне регулювання розвитку: монографія / В.Г.Андрійчук. – Ніжин: ТОВ «Вид-во «Аспект-Поліграф», 2007. – 216 с.
9. Олійник О.В. Економічний механізм розширеного відтворення в

- сільському господарстві: навч. посіб. / О.В. Олійник. – К., 2006. – 288 с.
10. Шибанін В. Стан та напрями оновлення та розвитку матеріально-технічної бази сільського господарства в Україні .
  11. Шибанін В. // Економіка АПК. – 2002. – №8. – С.16-23. 10. Організаційно-економічна модернізація аграрної сфери: наукова доповідь / За заг. ред. акад. НААН П.Т. Саблука. – К.: ННЦ ІАЕ, 2011. – С. 113-114.
  12. Луньова В.А. Інноваційний потенціал підприємств та державна політика /В.А. Луньова, В.М. Онегіна // Вісник ХНТУСГ (Екон. науки). - 2015. - Вип. 161. – С. 50 - 59.
  13. Моголова М.М. Матеріально-технічне забезпечення аграрної галузі / М.М. Моголова, Я.К. Білоусько, Г.М. Підлісецький // Економіка АПК. - 2013. - №2. - С. 61 - 67.
  14. Звягільський Ю.Л. Рівень заробітної плати - індикатор ефективності програми економічних реформ /Ю.Л. Звягільський // Економіка України. - 2013. - № 9. - С. 73 – 84.
  15. Луньова В.А. Особливості інноваційного розвитку сільськогосподарських підприємств України / В.А.Луньова, В.М.Онегіна // Науковий журнал «БІЗНЕС ІНФОРМ» - 2014. - № 6 - С. 175 - 180.
  16. Наявність сільськогосподарської техніки та енергетичних потужностей у сільському господарстві: Стат.збірник. - К.: Держстат України, 2012. - 42 с.
  17. Наявність сільськогосподарської техніки та енергетичних потужностей у сільському господарстві: Стат.збірник. - К.: Держстат України, 2014. - 41 с.
  18. Наявність сільськогосподарської техніки та енергетичних потужностей у сільському господарстві: Стат.збірник. - К.: Держстат України, 2015. - 43 с.
  19. Підлісецький Г. Економічні проблеми технічного забезпечення сільського господарства / Г. Підлісецький, В. Товстопят// Економіка України, 2008. – № 10. – С. 81-87.
  20. Саблук П.Т. Розвиток інституцій удосконалення механізму реформування аграрного сектору економіки / П.Т. Саблук // Економіка АПК. – 2010. - №10. – С. 3 – 8.
  21. Зубець М.В. Наукові засади розвитку агропромислового виробництва в сучасних умовах // М.В. Зубець // Економіка АПК. – 2011. – С. 3-11.
  22. Freeman С. The Economics of Industrial Innovation : Third Ed / Freeman С., Soete L. - Cambridge: MIT Press, 1997. – 470 p.

#### **Анотація**

### **ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД К РАЗВИТИЮ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ УКРАИНЫ**

Лунёва В.А., Онегина В.М., Лисиченко Н.Л., Панкова О.В.

*В статье исследованы основные теоретические аспекты формирования*

*организационно-экономических основ развития материально-технической базы сельскохозяйственных предприятий Украины. Исследована сущность понятия «материально-техническая база сельского хозяйства Украины», теоретические положения материально-технического обеспечения, как фактора влияния на эффективность ее использования, предложены признаки интенсификации аграрного производства на основе инноваций, обобщены теоретико-методические подходы к оценке состояния и эффективности системы материально-технического обеспечения отрасли. Предложен синтез классического и инновационного подходов к формированию и использованию материально-технической базы сельскохозяйственного производства. Определены поэлементные структуры материально-технической базы сельскохозяйственных предприятий. Рассмотрено наличие основных видов техники сельскохозяйственных предприятий Украины за 2011-2015 гг. Дана оценка динамики изменений парка тракторов, комбайнов и сельскохозяйственной техники к показателям энергетического обеспечения. Дана оценка возрастного состава техники и указано на негативные тенденции увеличения степени его физического и морального износа. Предложены меры государственной аграрной политики, которая способствовала бы укреплению инновационного потенциала сельскохозяйственных предприятий и определены приоритетные направления формирования структурных элементов материально-технической базы сельского хозяйства на инновационной основе. Обоснованы направления инвестиционно-инновационного развития материально-технической базы сельского хозяйства, которые в дальнейшем могут стать основой разработки комплексных программ инвестиционно-инновационного развития отрасли и эффективности использования ее материально-технической базы, направленной на обеспечение интенсивного типа экономического роста.*

*Ключевые слова - предприятие, сельское хозяйство, материально-техническая база, материально-техническое обеспечение, инвестиции.*

## **Abstract**

### **INNOVATIVE APPROACH TO THE DEVELOPMENT OF THE MATERIAL AND TECHNICAL BASE OF AGRICULTURAL ENTERPRISES IN UKRAINE**

V. Luneva, V. Onegina, N. Lysychenko, O. Pankova

*The main theoretical aspects of organizational-economic bases forming of material-technical base development of Ukrainian agricultural enterprises are analysed. The main point of the concept "material-technical base of Ukrainian agriculture", the theoretical principles of material logistics as a factor of influence on the efficiency of its usage. Indications of agricultural production intensification through innovation are proposed. Theoretical and methodical approaches to the assessment of the status and effectiveness of the material logistics system of industry are generalised. The synthesis of classical and innovative approaches to the formation and usage of the material-technical base of agricultural production are proposed.*

*Elementwise structure of the material-technical base of agricultural enterprises is defined. The existence of major types of equipment of Ukrainian agricultural enterprises for 2011-2015 are considered. The appraisal of dynamics changing of tractors Park, combines and agricultural machinery to the indicators of energy supply is considered. The measure of governmental agricultural policy, which would have facilitated to the consolidation of innovative potential of agricultural enterprises are proposed. Priority directions of structural elements formation of the material-technical base of agriculture based on innovation are identified. The directions of investment-innovative development of material-technical base of agriculture are grounded. These directions can later become the basis for the development of integrated programmes of investment and innovation development of the industry and of the efficiency of material-technical base usage which directed at ensuring the intensive type of economic growth.*

*Key words - enterprise, agriculture, material and technical basis, material logistics, investments.*

**ДО ПИТАННЯ МАТЕМАТИЧНОГО ОПИСУ РУХУ ВИМОЛОЧЕНОГО НАСІННЯ В КІЛЬЦЕВОМУ КАНАЛІ ЗМІННОГО ПЕРЕРІЗУ**

**Степаненко С.П., к.т.н., ст. наук. співр.**

*Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»*

**Котов Б.І., д.т.н., проф., Спирін А.В., к.т.н., доц.**

*Вінницький національний аграрний університет*

*В статті аналітично досліджено та проаналізовано рух зернини в кільцевому зигзагоподібному пневмосепараторі. Розроблена математична модель на основі рівнянь руху зернини в повітряному потоці з врахуванням впливу на неї додаткових сил. Проведені аналітичні дослідження впливу обертання зернини навколо своєї вісі, при її русі в повітряному потоці кільцевого зигзагоподібного сепаратора. Отримані рівняння відрізняються від відомих наявністю складової, що враховує дію обертання частинки зерна навколо своєї вісі в зерновому матеріалі. Визначені графіки залежності переміщення частки по осі  $Y$  в нерівномірному повітряному потоці від часу розділення та графіки залежності траєкторій руху частки по осі  $X$  та осі  $Y$  при різних значеннях кутової швидкості обертання часток навколо своєї вісі.*

*Встановлено також, якщо змінювати швидкість повітряного потоку в зоні розділення зернової суміші та відносну швидкість частки можна досягти розпушеності матеріалу по площі аспіраційного каналу і перетворити стохастичний рух часток з коливальним обертанням в об'ємі каналу в повне обертання часток навколо своєї вісі. При наданні часткам обертання на початку їх руху призведе до зменшення ефекту стохастичного розсівання по площі каналу.*

*Приведено процес пневмосепарації насіння в кільцевому зигзагоподібному пневмосепараторі та досліджено його принцип роботи.*

**Постановка проблеми.** Дослідженням процесу пневмосепарації насінневих сумішей в аспіраційних каналах сепаратора приділено не достатньо уваги. Насіннева суміш потрапляє в пневмоканал у вигляді товстого шару, що погіршує процес сепарації. Пневмосепарація і видалення легких часток відбувається у верхній частині насінневого шару, а не в усьому об'ємі зернової суміші, при суттєвому підвищенні питомого навантаження на аспіраційний канал погіршується якість очистки від легких домішок та неякісного насіння. Актуальність досліджень полягає саме в тому, щоб дослідити залежність зміни траєкторій руху від частоти обертання частинки зерна навколо своєї осі в об'ємі зернового шару при русі в аспіраційному каналі.

**Аналіз останніх досліджень та постановка завдання.** Аналітичним дослідженням руху зернини в повітряних каналах у складі машинних агрегатів,

в тому числі зернозбиральних, та машинах для післязбиральної обробки зернових було приділено достатньо уваги, як закордонними, так і вітчизняними науковцями. Однак, на жаль, дослідженням обертального руху зернини в вертикальних та похилих аспіраційних каналах сепараторів не було приділено належної уваги.

Відомі вертикальні пневмосепаратори, які розділяють матеріал на дві фракції та широко застосовуються в промисловості [1-5]. Насінневий матеріал, як двохфракційну суміш, доцільно сепарувати вертикальними пневмосепараторами [12].

За останній час спосіб пневмосепарації у горизонтальних та вертикальних каналах набув більш широкого значення. Так дослідженнями [6], встановлено, що при застосуванні горизонтального повітряного потоку в сукупності із вертикальним каналом, дозволяє розділяти насіннини з меншою різницею у питомій вазі. При цьому авторам вдалося отримати раціональну продуктивність сепаратора на насінні соняшнику  $Q=400$  кг/год.

Дослідженнями [7] встановлено, що найбільш прийнятним є процес розділення у нахиленому каналі з керованим нерівномірним потоком по його висоті.

Виходячи із аналізу проведених досліджень, отримана можливість розробити конструкцію гравітаційного пневматичного зигзагоподібного сепаратора та підвищити його продуктивність за рахунок розпушеності насінневого матеріалу в зоні аспірації та керованості процесу обертання частинки зерна навколо своєї вісі [8], з метою збільшенні при цьому швидкості повітряного потоку, що дасть можливість виділити із насінневої суміші більше легких та дрібних домішок. Параметри такого виду сепараторів обґрунтовано недостатньо, тому актуальною задачею є дослідження технологічного процесу та обґрунтування параметрів кільцевого зигзагоподібного пневматичного сепаратора для очищення та сортування насінневих сумішей.

**Мета досліджень.** Аналітично дослідити вплив обертання зернини навколо своєї вісі, при її русі в повітряному потоці кільцевого зигзагоподібного сепаратора. Розробити математичну модель руху насіння в всередині вертикального кільцевого зигзагоподібного каналу.

**Об'єкти та методика досліджень.** Об'єктами дослідження є процеси пневмосепарації зернових сумішей в вертикальних аспіраційних каналах. Предметом дослідження є виявлення параметрів та режимів роботи пневмосепаратора. В процесі аналітичних досліджень були застосовані методи емпіричних і теоретичних досліджень та методи системного аналізу отриманих даних.

**Результати досліджень.** Аналітичні дослідження впливу обертання зернини навколо своєї вісі, при її русі в повітряному потоці кільцевого зигзагоподібного сепаратора, розробленого в ННЦ «ІМЕСГ» [9].

При аналізі роботи пневмосепаратора було визначено, що найбільш важливим буде вплив дії, на частку зерна та інші сміттєві домішки, сили повітряного потоку та сили яка виникає при обертанні шароподібної частки зерна навколо своєї вісі.

В статті наведений розв'язок задачі, коли зернова суміш подається з бункера по розподільчому конусу в кільцевий зигзагоподібний аспіраційний канал.

Представимо кільцевий зигзагоподібний пневмосепаратор у вигляді плоскої моделі, сам сепаратор віднесено до нерухомої відносно поверхні току системи координат (рис.1). Для зручності опису процесу сепарації направимо вертикально вісь X, а вісь Y горизонтально. Частина з початковою швидкістю  $V_0$  і під кутом  $\alpha$  до горизонту вводиться в повітряний потік. Для визначення характеру обтікання частки визначаємо відносну швидкість вводу в повітряний потік:

$$V_{ВД} = \sqrt{V_b^2 + V_0^2 + 2 \cdot V_0 \cdot \sin(\alpha + \beta)}, \quad (1)$$

де  $V_b$  - швидкість повітряного потоку, м/с,  $\beta$  - кут нахилу стінок зигзагоподібного аспіраційного каналу, рад.

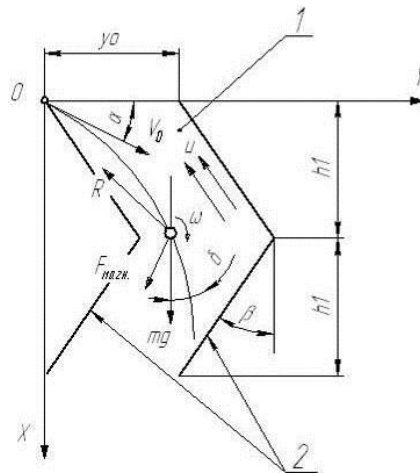


Рис.1 – Схема дії сил на частку в повітряному середовищі зигзагоподібного каналу

1 – аспіраційний канал; 2 – полки-зигзаги.

Для спрощення побудови математичної моделі руху зернини в кільцевому зигзагоподібному пневмосепараторі та аналітичного виведення диференціальних рівнянь, а також системного аналізу руху зернини в кільцевому каналі, зробимо ряд припущень:

- частинка зерна, до якої прикладено сили, які діють в системі «зернова суміш-повітряний потік», відмінна за питомою вагою від усіх інших часток зернової суміші;

- при русі всередині аспіраційного каналу (рис. 1) на частку діє сила ваги, яка визначається за відомою формулою:

$$P = m \cdot g, \quad (2)$$

де  $m$  – маса зернини, кг,  $g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;



- повітряний потік, який відсмоктується з робочої зони пневмосепаратора сталий по площі перерізу каналу та діє на частку з силою:

$$R = f(Re) \cdot F_m \cdot \frac{\rho_n}{2} \cdot (V - V_b)^2, \quad (3)$$

де  $f(Re)$  - коефіцієнт опору, який є функцією Рейнольдса,  $F_m$  - міделевий переріз частки зерна, м<sup>2</sup>,  $\rho_n$  - густина повітряного потоку, кг/м<sup>3</sup>,  $V$ ,  $V_b$  - відповідна швидкість зернини та швидкість повітряного потоку в шарі зерна, м/с.

Коефіцієнт опору, який є функцією Рейнольда визначаємо за формулою наведеною в [10]:

$$f(Re) = \frac{13}{\sqrt{4,8 \cdot \varepsilon^{2,6} \cdot \frac{V_b}{\nu} \cdot d}}, \quad (4)$$

де  $\varepsilon$  - пористість шару в статичному стані,  $d$  - еквівалентний діаметр зернини, м,  $\nu$  - кінематичний коефіцієнт в'язкості, м<sup>2</sup>/с.

- сила Магнуса  $F_{МАГН}$  виникає при обертанні частинки зерна навколо своєї вісі, яку можна описати за правилом Жуковського [11]:

$$F_{МАГН} = V_b \cdot \rho_n \cdot Q, \quad (5)$$

де  $Q$  - циркуляція швидкості навколо шароподібної насінини, м<sup>3</sup>/с;

$$Q = S_{нов.тел} \cdot V_1, \quad (6)$$

де  $S_{нов.тел}$  - площа поверхні тіла, м<sup>2</sup>,  $V_1$  - колова швидкість, м/с.

Як відомо площа поверхні тіла дорівнює:

$$S_{нов.тел} = 4 \cdot \pi \cdot R^2, \quad (7)$$

де  $R$  - еквівалентний радіус шара, м;

Підставляючи отримані рівняння (6-7) в рівняння (5) та маючи на увазі, що колова швидкість дорівнює  $(\omega \cdot R)$  отримає загальне рівняння для розрахунку сили Магнуса:

$$F_{МАГН} = 4 \cdot \pi \cdot V_b \cdot \rho_n \cdot R^3 \cdot \omega \quad (8)$$

Відповідно до схеми силової взаємодії частки і середовища (рис. 2) рівняння руху частки буде мати загальний вигляд:

$$m \cdot \bar{a} = \bar{P} + \bar{R} + \bar{F}_{МАГН}, \quad (9)$$

Отримане рівняння відрізняється від відомих наявністю складової, що враховує дію обертання частинки зерна навколо своєї вісі в зерновому матеріалі.

З врахування прийнятих допущень, спроектувавши рівняння (9) відповідно на вісі  $X$  та  $Y$ , рух частки між стінками аспіраційного зигзагоподібного каналу можна описати системою диференціальних рівнянь:

$$\begin{cases} m \cdot \ddot{x} = m \cdot g - \frac{13}{\sqrt{4,8 \cdot \varepsilon^{2,6} \cdot \frac{V_b}{\nu} \cdot d}} \cdot F_m \cdot \frac{\rho_n}{2} \cdot (\dot{x} - V_b \cdot \cos \beta)^2 + 4 \cdot \pi \cdot \rho_n \cdot R^3 \cdot \omega \cdot (\dot{x} - V_b \cdot \sin \beta) \\ m \cdot \ddot{y} = \pm \frac{13}{\sqrt{4,8 \cdot \varepsilon^{2,6} \cdot \frac{V_b}{\nu} \cdot d}} \cdot F_m \cdot \frac{\rho_n}{2} \cdot (\dot{y} \pm V_b \cdot \sin \beta)^2 \pm 4 \cdot \pi \cdot \rho_n \cdot R^3 \cdot \omega \cdot (\dot{y} \pm V_b \cdot \cos \beta) \end{cases} \quad (10)$$

Зробивши наступні заміни в диференційному рівнянні спроектованому на ось  $X$ :

$$Z = \frac{13}{\sqrt{4,8 \cdot \varepsilon^{2,6} \cdot \frac{V_b}{\nu} \cdot d}} \cdot F_m \cdot \frac{\rho_n}{2 \cdot m} \quad (11)$$

$$L = \frac{4 \cdot \pi \cdot \rho_n \cdot R^3 \cdot \omega}{m} \quad (12)$$

$$V1 = V_b \cdot \cos \beta; V2 = V_b \cdot \sin \beta \quad (13)$$

Отримаємо диференційне рівняння другого порядку в спрощеному вигляді:

$$\ddot{x} + Z \cdot \dot{x}^2 - L \cdot \dot{x} - 2 \cdot V1 \cdot \dot{x} \cdot Z = g - L \cdot V2 - Z \cdot V1^2 \quad (14)$$

Зробивши заміни, остаточно отримаємо:

$$K = L + 2 \cdot V1 \cdot Z; F = g - L \cdot V2 - V1^2 \cdot Z \quad (15)$$

$$\ddot{x} + Z \cdot \dot{x}^2 - K \cdot \dot{x} - F = 0 \quad (16)$$

Для спрощення розв'язку рівняння (16) використали математичний пакет Mathematica. Отже загальний розв'язок рівняння (16) представлено наступною залежністю:

$$x(t) = C2 + \frac{\frac{1}{2 \cdot Z} \cdot \left[ \left( K \cdot \left( -t \cdot \sqrt{-K^2 - 4FZ} - \sqrt{-K^2 - 4FZ} \cdot C1 \right) \cdot \cos \left[ \frac{1}{2} \cdot \left( -t \cdot \sqrt{-K^2 - 4FZ} - \sqrt{-K^2 - 4FZ} \cdot C1 \right) \right] \right) \right]}{\left( \left( K + \sqrt{-K^2 - 4FZ} \cdot \operatorname{tg} \left[ \frac{1}{2} \cdot \left( -t \cdot \sqrt{-K^2 - 4FZ} - \sqrt{-K^2 - 4FZ} \cdot C1 \right) \right] \right) \right)} + \frac{\left( \sqrt{-K^2 - 4FZ} \cdot \left( K \cdot \cos \left[ \frac{1}{2} \cdot \left( -t \cdot \sqrt{-K^2 - 4FZ} - \sqrt{-K^2 - 4FZ} \cdot C1 \right) \right] \right) \right) + \left( \sqrt{-K^2 - 4FZ} \cdot \left( \sin \left[ \frac{1}{2} \cdot \left( -t \cdot \sqrt{-K^2 - 4FZ} - \sqrt{-K^2 - 4FZ} \cdot C1 \right) \right] \right) \right)}{\left( \left( K + \sqrt{-K^2 - 4FZ} \cdot \operatorname{tg} \left[ \frac{1}{2} \cdot \left( -t \cdot \sqrt{-K^2 - 4FZ} - \sqrt{-K^2 - 4FZ} \cdot C1 \right) \right] \right) \right)}$$

$$\begin{aligned}
& \left( \begin{aligned} & 2 \cdot \cos \left[ \frac{1}{2} \cdot \left( -t \cdot \sqrt{-K^2 - 4FZ} - \sqrt{-K^2 - 4FZ} \cdot C1 \right) \right] \cdot \\ & \cdot \lg \left( \cos \left[ \frac{1}{2} \cdot \left( -t \cdot \sqrt{-K^2 - 4FZ} - \sqrt{-K^2 - 4FZ} \cdot C1 \right) \right] \right) \cdot \\ & \left( K + \sqrt{-K^2 - 4FZ} \cdot \operatorname{tg} \left[ \frac{1}{2} \cdot \left( -t \cdot \sqrt{-K^2 - 4FZ} - \sqrt{-K^2 - 4FZ} \cdot C1 \right) \right] \right) \end{aligned} \right) \quad (17) \\
& + \left( \begin{aligned} & K \cdot \cos \left[ \frac{1}{2} \cdot \left( -t \cdot \sqrt{-K^2 - 4FZ} - \sqrt{-K^2 - 4FZ} \cdot C1 \right) \right] + \\ & + \sqrt{-K^2 - 4FZ} \cdot \left( \sin \left[ \frac{1}{2} \cdot \left( -t \cdot \sqrt{-K^2 - 4FZ} - \sqrt{-K^2 - 4FZ} \cdot C1 \right) \right] \right) \end{aligned} \right)
\end{aligned}$$

Підставивши початкові умови  $t=0; x=0; \dot{x}=0$ ; знайдемо невідомі коефіцієнти  $C1, C2$  з рівняння (17), які відповідно дорівнюють:

$$C1 = \left[ \frac{-t \cdot (4 \cdot Z + K \cdot \ln(10))}{K \cdot \ln(10)} \right] \quad (18)$$

$$C2 = -\frac{1}{2} \cdot \left( \frac{K \cdot (C1 + t)}{Z} + 2 \cdot \ln \left( \cos \left( \frac{1}{2} \cdot (t + C1) \cdot \sqrt{-K^2 - 4 \cdot F \cdot Z} \right) \right) \right) \quad (19)$$

Зробивши заміни в диференційному рівнянні спроектованому на ось Y, отримаємо:

$$\ddot{y} - Z \cdot \dot{y}^2 + \dot{y} \cdot (2 \cdot Z \cdot V2 - L) + L \cdot V1 - Z \cdot V2^2 = 0 \quad (20)$$

Зробивши наступні заміни, остаточно отримаємо:

$$K1 = 2 \cdot V2 \cdot Z - L; F1 = L \cdot V1 - V2^2 \cdot Z \quad (21)$$

$$\ddot{y} - Z \cdot \dot{y}^2 + K1 \cdot \dot{y} + F1 = 0 \quad (22)$$

Для спрощення розв'язку рівняння (22) використали математичний пакет Mathematica. Отже загальний розв'язок рівняння (22) представлено наступною залежністю:

$$\begin{aligned}
y(t) = C2 + & \frac{1}{2 \cdot Z} \cdot \left[ \left( \begin{aligned} & K1 \cdot \left( t \cdot \sqrt{-K1^2 - 4 \cdot F1 \cdot Z} - \sqrt{-K1^2 - 4 \cdot F1 \cdot Z} \cdot C1 \right) \cdot \\ & \cdot \cos \left[ \frac{1}{2} \cdot \left( t \cdot \sqrt{-K1^2 - 4 \cdot F1 \cdot Z} - \sqrt{-K1^2 - 4 \cdot F1 \cdot Z} \cdot C1 \right) \right] \cdot \\ & \cdot \left( K1 + \sqrt{-K1^2 - 4 \cdot F1 \cdot Z} \cdot \operatorname{tg} \left[ \frac{1}{2} \cdot \left( t \cdot \sqrt{-K1^2 - 4 \cdot F1 \cdot Z} - \sqrt{-K1^2 - 4 \cdot F1 \cdot Z} \cdot C1 \right) \right] \right) \end{aligned} \right) \right] \\
& \left( \begin{aligned} & \sqrt{-K1^2 - 4 \cdot F1 \cdot Z} \cdot \left( K1 \cdot \cos \left[ \frac{1}{2} \cdot \left( t \cdot \sqrt{-K1^2 - 4 \cdot F1 \cdot Z} - \sqrt{-K1^2 - 4 \cdot F1 \cdot Z} \cdot C1 \right) \right] \right) + \\ & + \sqrt{-K1^2 - 4 \cdot F1 \cdot Z} \cdot \left( \sin \left[ \frac{1}{2} \cdot \left( t \cdot \sqrt{-K1^2 - 4 \cdot F1 \cdot Z} - \sqrt{-K1^2 - 4 \cdot F1 \cdot Z} \cdot C1 \right) \right] \right) \end{aligned} \right)
\end{aligned}$$

$$\frac{\left( 2 \cdot \cos \left[ \frac{1}{2} \cdot \left( t \cdot \sqrt{-K1^2 - 4 \cdot F1 \cdot Z} - \sqrt{-K1^2 - 4 \cdot F1 \cdot Z} \cdot C1 \right) \right] \cdot \lg \left( \cos \left[ \frac{1}{2} \cdot \left( t \cdot \sqrt{-K1^2 - 4 \cdot F1 \cdot Z} - \sqrt{-K1^2 - 4 \cdot F1 \cdot Z} \cdot C1 \right) \right] \right) \cdot \left( K1 + \sqrt{-K1^2 - 4 \cdot F1 \cdot Z} \cdot \operatorname{tg} \left[ \frac{1}{2} \cdot \left( t \cdot \sqrt{-K1^2 - 4 \cdot F1 \cdot Z} - \sqrt{-K1^2 - 4 \cdot F1 \cdot Z} \cdot C1 \right) \right] \right) \right)}{\left( K1 \cdot \cos \left[ \frac{1}{2} \cdot \left( t \cdot \sqrt{-K1^2 - 4 \cdot F1 \cdot Z} - \sqrt{-K1^2 - 4 \cdot F1 \cdot Z} \cdot C1 \right) \right] + \sqrt{-K1^2 - 4 \cdot F1 \cdot Z} \cdot \left( \sin \left[ \frac{1}{2} \cdot \left( t \cdot \sqrt{-K1^2 - 4 \cdot F1 \cdot Z} - \sqrt{-K1^2 - 4 \cdot F1 \cdot Z} \cdot C1 \right) \right] \right) \right)} \quad (23)$$

Підставивши початкові умови  $t=0; x=0; \dot{x}=0$ ; знайдемо невідомі коефіцієнти  $C1, C2$  з рівняння (23), які відповідно дорівнюють:

$$C1 = \frac{\left[ t \cdot \sqrt{-K1^2 - 4 \cdot F1 \cdot Z} + 2 \cdot \operatorname{arctg} \left( \frac{\ln 10 \cdot K1}{2 \cdot Z \cdot S1} \right) \right]}{S1} \quad (24)$$

$$C2 = -\frac{1}{2} \cdot \left( \frac{K1 \cdot (C1 + t)}{Z} - 2 \cdot \ln \left( \cos \left( \frac{1}{2} \cdot (t - C1) \cdot \sqrt{-K1^2 - 4 \cdot F1 \cdot Z} \right) \right) \right) \quad (25)$$

Підставивши отримані залежності (24) та (25), а також (11-13), в рівняння (23) отримаємо графічну інтерпретацію рівняння (23) в загальному вигляді при різних значеннях кутової швидкості обертання частки зерна навколо своєї вісі рис. 3.

Для побудови графіка руху частинки зерна в робочому каналі пневматичного сепаратора у вертикальній та горизонтальній площині, прийємо наступні значення його конструктивно-кінематичних параметрів:  $d_3 = 4 \cdot 10^{-3}$  м;  $\rho_v = 1,21$  кг/м<sup>3</sup>;  $v = 1,51 \cdot 10^{-5}$  (м<sup>2</sup>/с);  $\eta = 1,82 \cdot 10^{-5}$  (Н·с/м<sup>2</sup>);  $V_{v \text{ пшени}} = 9 \dots 11,5$  м/с;  $m_{\text{пшени}} = (20 \dots 40) \cdot 10^{-6}$  кг;  $V_{v \text{ овес}} = 8 \dots 9$  м/с;  $m_{\text{овес}} = (20 \dots 40) \cdot 10^{-6}$  кг;  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>;  $\varepsilon = 0,5$ ;  $R = d_3/2$ ;  $\beta = 20^\circ$ ;  $y(0) = 0$ .

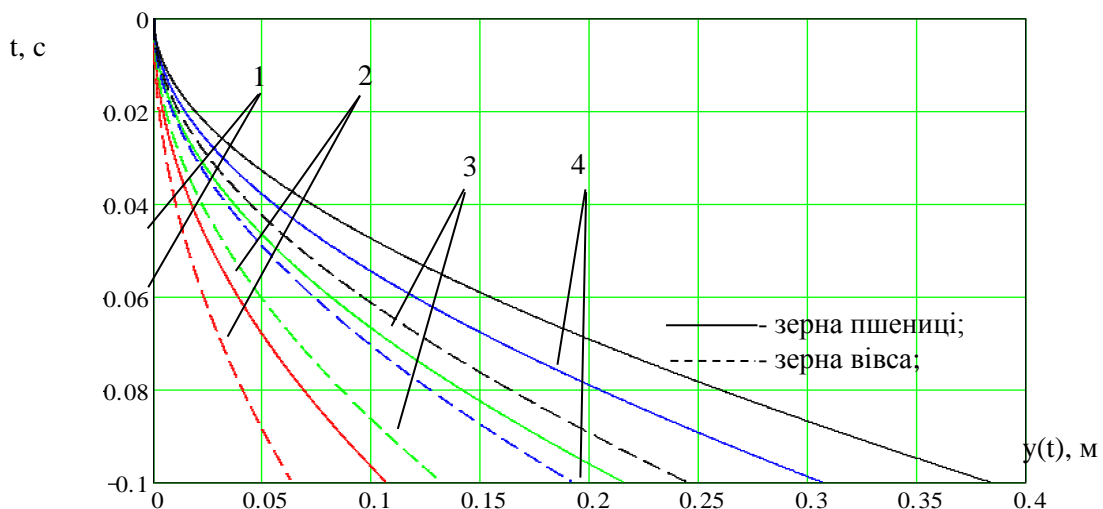


Рис. 3 – Графік залежності переміщення частки по осі У в нерівномірному повітряному потоці від часу розділення

1 –  $\omega = 200$  с<sup>-1</sup>; 2 –  $\omega = 300$  с<sup>-1</sup>; 3 –  $\omega = 400$  с<sup>-1</sup>; 4 –  $\omega = 500$  с<sup>-1</sup>;

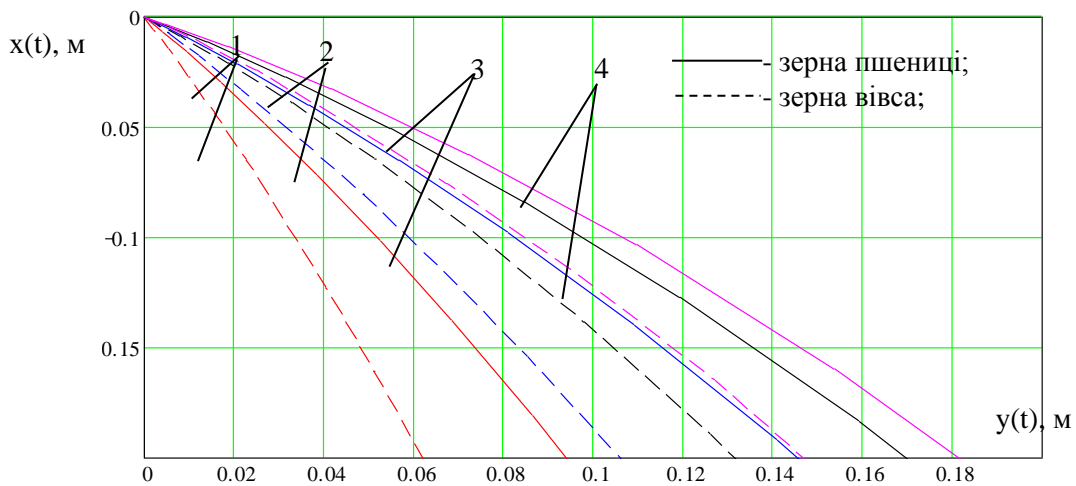


Рис. 4 – Графік залежності траєкторій руху частки по осі X та осі Y при різних значеннях кутової швидкості обертання часток навколо своєї вісі

1 –  $\omega=200 \text{ c}^{-1}$ ; 2 -  $\omega=300 \text{ c}^{-1}$ ; 3 -  $\omega=400 \text{ c}^{-1}$ ; 4 -  $\omega=500 \text{ c}^{-1}$ .

Аналізуючи графічні залежності рис. 3 – рис. 4, можна зробити висновок про те, що вплив обертання частинки суттєво залежить від початкової кутової швидкості та кута введення зернової суміші в аспіраційний канал. Встановлено також, якщо змінювати швидкість повітряного потоку в зоні розділення зернової суміші та відносну швидкість частки можна досягти розпушеності матеріалу по площі аспіраційного каналу і перетворити стохастичний рух часток з коливальним обертанням в об'ємі каналу в повне обертання часток навколо своєї вісі. При наданні часткам обертання на початку їх руху призведе до зменшення ефекту стохастичного розсівання по площі каналу.

Отримано рівняння для визначення траєкторії руху в залежності від кутової швидкості та отримано підвищення ефекту пневмосепарації при розділенні зернових сумішей за рахунок впливу ефекту Магнуса.

**Висновки.** Таким чином, запропоновані аналітичні дослідження для визначення поведінки руху частки у вертикальних зигзагоподібних аспіраційних каналах пневматичного сепаратора. Це дає змогу визначити та обґрунтувати нові робочі органи для підвищення пропускної здатності вертикальних каналів. Застосування даних досліджень на практиці дає змогу покращити якість пневматичної сепарації зерна і насіння. Розроблена механіко – математична модель руху частки всередині аспіраційного зигзагоподібного каналу, дає можливість обґрунтувати фундаментальні положення процесів сепарації у вертикальних каналах та розробити теоретичні засади складних процесів в аспіраційних каналах з нагнітальним та відсмоктувальним принципом дії.

### Список використаних джерел

1. Бушуев Н.М. Семяочистительные машины. – М.: Машгиз, 1962. – 292 с.
2. Воробьев С.Х., Мазиров Д.Я., Соколов А.П. Теплотехнические процессы и аппараты силикатных заводов. – М.: Высшая школа, 1965. – 126 с.
3. Воронов И.Г. Очистка и сортирование семян. – М.: Сельхозиздат, 1959. – 346 с.

4. Малис А.Я., Демидов А.Р. Машины для очистки зерна воздушным потоком. – М.: Машгиз, 1962. – 452 с.
5. Гортинский В.В. Процессы сепарирования на зерноперерабатывающих предприятиях. – М.: Колос, 1973. – 296 с.
6. Єрмак В.П. Обґрунтування способу сепарування соняшника у повітряних потоках // Автореф. дис. ... канд.техн.наук. – Луганськ, 2003. – 21 с.
7. Абдуєв М.М. Обґрунтування параметрів сепаратора з нахиленим повітряним каналом для розділення зернових сумішей // Автореф. дис...канд.техн.наук. – Харків, 2007. – 21 с.
8. Злочевський В.Л. Интенсификация процесса аэродинамического разделения зерновых материалов // Автореф. дис...д-р. техн. наук. – Новосибирск.: СибИМЭ СО ВАСХНИЛ. – 1986. – 35 с.
9. Степаненко С.П. Дослідження процесу пневматичної сепарації насіння в кільцевому зигзагоподібному сепараторі. Зб. наук. пр. “Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка”. Випуск 75. “Механізація сільськогосподарського виробництва”. – Харків: ХНТУСГ. - 2008. – Т1. - С. 59-65.
10. Котов Б.І. До теорії розділення зерна в повітряному потоці / Б.І. Котов, С.П. Степаненко, В.О.Швидя, Ю.Г. Коваль / Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Вип. 39. – Кіровоград: КНТУ, 2009. – С. 54-62.
11. Жуковский Н.Е. Теоретическая механика. – М.-Л., 1950. – 812 с.
12. Матвеев А.С. Исследование процесса сепарирования зерновых смесей вертикально – восходящим воздушным потоком // Автореф. дис...канд.техн.наук. – Москва, ВИМ. - 1973. – 30 с.

## **Аннотация**

### **К ВОПРОСУ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ ДВИЖЕНИЯ НАМОЛОЧЕННОГО СЕМЕНА В КОЛЬЦЕВОМ КАНАЛЕ ПЕРЕМЕННОГО СЕЧЕНИЯ**

Степаненко С.П., Котов Б.І., Спирін А.В.

*В статье аналитически исследованы и проанализированы движение зерна в кольцевом зигзагообразном пневмосепараторе. Разработана математическая модель на основе уравнений движения зерна в воздушном потоке с учетом влияния на нее дополнительных сил. Проведенные аналитические исследования влияния вращения зерна вокруг своей оси, при ее движении в воздушном потоке кольцевого зигзагообразного сепаратора. Полученные уравнения отличаются от известных наличием составляющей, учитывающей действие вращения частицы зерна вокруг своей оси в зерновом материале. Определены графики зависимости перемещения частицы по оси Y в неравномерном воздушном потоке от времени разделения и графики зависимости траекторий движения*

частицы по оси  $X$  и оси  $Y$  при различных значениях угловой скорости вращения частиц вокруг своей оси.

Установлено также, если менять скорость воздушного потока в зоне разделения зерновой смеси и относительную скорость частицы можно достичь разпушенности материала по площади сечения аспирационного канала и превратить стохастический движение частиц с колебательным вращением в объеме канала в полный оборот долей вокруг своей оси. При предоставлении долям вращения в начале их движения приводят к уменьшению эффекта стохастического рассева по площади сечения канала.

Приведен процесс пневмосепарации зерновых смесей в кольцевом зигзагообразном сепараторе и исследован его принцип работы.

## Abstract

### TO THE QUESTION OF THE MATHEMATICAL DESCRIPTION OF THE MOVEMENT OF THE FULL SEED IN THE RING CHANNEL OF THE VARIABLE SECTION

S. Stepanenko, B. Kotov, A. Spirin

*The paper analytically studied and analyzed the movement of grain in the annular zigzag pneumoseparator. A mathematical model based on the equations of motion of grains in the air flow, taking into account the impact on it of additional forces. Analytical study of the effect of grain rotation around its axis during its movement in the air flow ring zigzag separator. The equations are different from the known presence of a component that takes into account the rotation of a particle around its axis grain in the grain material. The identified plots of particles moving along the axis in a non-uniform air flow separation and from time graphs of particle trajectories in the X-axis and y-axis for different values of angular velocity particle around its axis.*

*It has also increase if the air velocity in the zone separating the grain mixture and the relative speed of particles can be achieved by increasing the area Extent of material aspiration channel and turn stochastic particle motion of oscillating rotation in the volume of the channel in the full rotation of particles around its axis. In granting shares rotation at the beginning of their movement leads to the reduction in size of the stochastic dispersion channel.*

*Process of pneumoseparation of grain mixes in a ring zigzag separator is resulted and its principle of work is researched.*

## ШЛЯХИ ОПТИМІЗАЦІЇ ПОТУЖНОСТІ

Костенко О.М., Кривонос С.М., Дрожчана О.У.

*Полтавська державна аграрна академія*

*В роботі пропонується методика визначення оптимальної потужності тракторного двигуна з урахуванням об'єму механізованих робіт у напружений період польових робіт, агротехнічних строків їх виконання, витрати палива. Приведене рішення оптимізаційної задачі по обґрунтуванню одиничної потужності сільськогосподарських тракторів в основі яких лежить формула «від енергозберігаючої технології механізованих робіт оптимального трактора до оптимального парку».*

*Ключові слова: оптимізація, тракторний двигун, оптимальна потужність, напружений період, об'єм робіт, витрати палива.*

**Постановка проблеми.** В сільському господарстві України використовуються трактори різного тягового класу з різною потужністю двигунів. Як відомо всі сільськогосподарські роботи необхідно виконувати в оптимальні агротехнічні строки з мінімальними затратами праці та грошей, з високою якістю їх проведення. Існуючі трактори не відповідають агротехнічним вимогам. Потужність їх двигунів не пристосована до об'ємів робіт в напружені періоди польових робіт. Виникла необхідність розробки методики визначення оптимальної потужності тракторного двигуна з врахуванням об'ємів робіт, агротехнічних строків їх виконання, витрати палива.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Науково-дослідні роботи передбачають розробку методики оптимізації потужностних параметрів енергозасобів по економічному критерію. Однак запропоновані методи не знайшли широкого використання, так як вони основані на помилкових припущеннях: стабільність показників річної зайнятості та структури робіт, відсутність взаємозв'язку з іншими типами тракторів в загальному парку машин. Дослідження, проведені в роботах, спираються на системний підхід до проблеми, при цьому для усунення вище вказаних недоліків використовуються сучасні економіко-математичні моделі оптимізації потужності енергозасобів по народногосподарському економічному критерію [1, 2].

Нами запропоновано методику визначення оптимальної потужності тракторного двигуна з урахуванням об'ємів робіт, витрати палива та агротехнічних строків їх виконання.

**Постановка завдання** – розробка методики визначення оптимальної потужності двигуна трактора з урахуванням об'ємів робіт, агротехнічних строків їх виконання, витрати палива.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Економічне обґрунтування оптимальних рівнів одиничної потужності парку тракторів і сільськогосподарських машин в господарствах впливають на економічну



ефективність сільськогосподарської техніки.

Якби трактор був призначений для виконання одного виду робіт і на протязі року агрегувався з одним і тим же сільськогосподарським агрегатом, то при рішенні вказаної задачі при конкретизації господарських умов не виникали б труднощі. Складності виникають в зв'язку з універсальністю, із-за намагання зменшити по можливості тракторний парк в господарствах, покладаючи на кожний трактор виконання великого комплексу робіт в агрегаті з різними знаряддями. В результаті задача оптимізації одиничної потужності тракторів при коректній постановці запитання може розглядатися тільки в рамках більш загальної і складної задачі – оптимізація парку машин в господарствах. Рішення її стає можливим при орієнтації на громіздкі, дорогі і малодоступні економічно-математичні методи. Чим більше виділено модельних господарств, тим легше підібрати серед них аналог для кожного конкретного господарства і тим точніше можна вирішити для нього оптимізаційну задачу, однак тим більшу номенклатуру тракторів ми отримуємо при визначенні їх потрібності для країни в цілому.

Таким чином, в погоні за точністю і коректністю рішення оптимізаційної задачі по визначенню одиничної потужності трактора обов'язково приходимо до необхідності оптимізації парку машин в господарствах і, як наслідок, до обґрунтування багатомарочності сільськогосподарської техніки. І ці обставини дають відчутні результати: кількість моделей тракторів в перспективній системі машин.

Зменшення кількості необхідних моделей тракторів – найважливіша народногосподарська задача. Вона в значній мірі визначає проблеми їх уніфікації та підвищеної надійності, а в кінцевому рахунку зниження витрат в сфері виробництва і експлуатації. Формула "від оптимального парку до оптимального трактора" домінуюча сьогодні в техніко-економічних обумовленнях, не сприяє їх рішенню.

Отже, виникає необхідність у розробці інших методи оптимізації, в основі яких лежить формула "від оптимального трактора до оптимального парку".

З метою вирішення задачі по визначенню оптимальної одиничної потужності трактора на виконання комплексу робіт в умовах модельного господарства необхідно знайти таку потужність для трактора, яка б гарантувала його високу економічну ефективність практично для любых реальних господарських ситуацій. При цьому задається одна умова, а саме вважається, що на всіх виконаних трактором операціях забезпечується його необхідне навантаження по потужності. Реалізація його на практиці, напевно, не зустрине яких-небудь принципових труднощів, особливо для малих і середніх потужностей (до 150 кВт), оскільки це не вичерпані резерви по збільшенню ширини захвату і робочих швидкостей агрегатів, суміщення технологічних операцій, застосуванню активних робочих органів сільськогосподарських знарядь при впровадженні енергозберігаючих технологій.

Проаналізуємо, як на отриманий результат впливає вибір самого критерію з врахуванням собівартості робіт, різних форм диференційних витрат.

Приведені до 1 га оброблюємої площі витрати  $S$  на виконання будь-якої

технологічної операції можуть бути виражені наступним чином:

$$S = \frac{(m + uQ + K)}{W}, \quad (1)$$

де  $m$  – годинна зарплата механізатора;  
 $Q$  – витрати палива, кг/год.;  
 $K$  – приведені до поточних витрат річні капіталовкладення в придбання і утримання техніки (балансова вартість трактора і вартість набору робочих машин до нього з урахуванням річних амортизаційних відрахувань) грн за 1 год.;  
 $W$  – продуктивність МТА га/год.

Продуктивність МТА і витрати палива можуть бути виражені через одиницю потужності трактора відомими відношеннями [3]:

$$W = \frac{\xi \eta \tau}{R_{уд}}, \quad (2)$$

$$Q = (1 + V) \xi g_e \tau N \quad (3)$$

де  $\xi$  – коефіцієнт використання ефективної потужності двигуна;  
 $\eta$  – тяговий ККД трактора;  
 $\tau$  – коефіцієнт використання годин зміни;  
 $R_{уд}$  – питома (на одиницю ширини захвату) опір сільськогосподарського знаряддя, кН/м;  
 $V = 0,03-0,08$  – коефіцієнт, враховуючий витрати палива на поворотах і холостих переїздах;  
 $g_e$  – ефективна витрата палива кг/(кВт.год.).

Чим краще укомплектований трактор робочими машинами, тим більше його річне навантаження в годинах. Тому між вартістю трактора, набору машин до нього і різного завантаження існує цілком визначене співвідношення 1. Це дає можливість привести вартість трактора з набором машин і витрат на їх утримання до 1 години роботи за допомогою наступного виразу:

$$K = \frac{1,1 C_{уд} N (1 + \lambda) (r + n + E)}{\tau} \quad (4)$$

де  $1,1 C_{уд}$  – питома (на одиницю потужності) балансова вартість трактора (множник 1,1 враховує витрати на транспортування) грн на 1 кВт;  
 $\lambda$  – відношення між вартістю набору машин і вартістю трактора, при яких забезпечується задана річна завантаження останнього;  
 $(1 + \lambda)$  – загальна вартість трактора і набору машин, виражена в долях вартості трактора;  
 $r$  – середні річні норми відрахувань на реновацію і ремонт;  
 $E$  – норматив ефективності капіталовкладень в техніку.

Тоді відношення (1) можна представити у вигляді суми трьох показників:

$$S = S_m + S_T + S_K \quad (5)$$

де  $S_m$  – витрати на зарплату механізатора, грн на 1 га;

$$S_m = \frac{m}{grN} \cdot \frac{R_{уд}}{\eta_T} \quad (6)$$

де  $S_K$  – витрати на паливо, грн на 1 га;

$$S_K = \frac{1,1C_{уд}(1+V) \cdot (r+n+E)}{\zeta rt} \cdot \frac{R_{уд}}{\eta} \quad (7)$$

де  $S_T$  – витрата на придбання і утримання техніки, грн на 1 га.

Витрати на паливо є практично постійними для будь-якої потужності трактора, а капіталовкладення зворотно-пропорційні коефіцієнту використання часу зміни.

При переході від однієї операції до іншої найбільше змінюються дві величини, які входять одночасно в три приведені витрати – опір сільськогосподарського знаряддя, тяговий ККД трактора.

Оптимальне значення потужності сільськогосподарського трактора суттєво впливає на зміни вихідних вартісних і технічних показників, а також на витрати палива і це є особливістю інженерних оптимізаційних задач.

Вирішимо оптимізаційну задачу, орієнтуючись на самий розповсюджений економічний критерій – мінімум приведених затрат на виконання одиниці роботи (грн на 1 га в напружений період,  $D_k$ ).

Приведені витрати матимуть вигляд:

$$\begin{aligned} S = & \frac{0,36(a'_h + a''_h)k \cdot N_e^2 \cdot \lambda_{N_e} \cdot \eta_T \cdot \tau \cdot T_{3M} \cdot D_k \cdot K_{3M} \cdot \alpha \cdot 1,6}{100T_r \cdot \sum K_i \cdot C_w \cdot B_k \cdot V_T \cdot \xi_B \cdot \xi_v \cdot \tau} + \\ & + \frac{0,36a_p k \cdot N_e^2 \cdot \lambda_{N_e} \cdot \eta_T \cdot \tau \cdot T_{3M} \cdot D_k \cdot K_{3M} \cdot \alpha \cdot 1,06}{100T_r \cdot C_w \cdot B_k \cdot V_T \cdot \xi_B \cdot \xi_v \cdot \tau \cdot \sum K_i} + \\ & + \frac{0,36 \cdot a_{то} \cdot k \cdot N_e^2 \cdot \lambda_{N_e} \cdot \eta_T \cdot T_{3M} \cdot D_k \cdot K_{3M} \cdot \alpha \cdot \tau \cdot 1,06}{100T_r \cdot C_w \cdot B_k \cdot V_T \cdot \xi_B \cdot \xi_v \cdot \tau \cdot \sum K_i} + \\ & + S_m \frac{0,36N_e \cdot \lambda_{N_e} \cdot \eta_T \cdot T_{3M} \cdot D_k \cdot K_{3M} \cdot \tau \cdot \alpha \cdot 1,06}{\sum K_i} q_i + \\ & + 1,0455 \frac{(m_r \cdot f_{li} + m_{всп} + S_i)1,046 \cdot 0,36 \cdot N_e \cdot \lambda_{N_e} \cdot \eta_T \cdot \tau \cdot D_k \cdot T_{3M} \cdot K_{3M} \cdot \alpha \cdot 1,06}{7C_w \cdot B_k \cdot V_T \cdot \xi_B \cdot \xi_v \cdot \tau \cdot \sum K_i} + \\ & + E_h \cdot N_e \cdot k \end{aligned} \quad (8)$$

Умови для подальшого розрахунку:  $S_{прДк} \rightarrow \min$

$$\text{Знаходимо: } \frac{dS_{\text{прДк}}}{dN_e} = 0$$

$$\begin{aligned} \frac{dS_{\text{прДк}}}{dN_e} &= \frac{N_e \cdot 0,78(a'_h + a''_h)k \cdot \lambda_{N_e} \cdot \eta_T \cdot \tau \cdot T_{3M} \cdot D_K \cdot K_{3M} \cdot \alpha \cdot 1,06}{100T_\Gamma \cdot C_w \cdot B_K \cdot V_T \cdot \xi_B \cdot \xi_v \cdot \tau \cdot \sum K_i} + \\ &+ \frac{N_e \cdot 0,78a_p k \cdot \lambda_{N_e} \cdot \eta_T \cdot \tau \cdot T_{3M} \cdot D_K \cdot K_{3M} \cdot \alpha \cdot 1,06}{100T_\Gamma \cdot C_w \cdot B_K \cdot V_T \cdot \xi_B \cdot \xi_v \cdot \tau \cdot \sum K_i} + \\ &+ \frac{N_e \cdot 0,78 \cdot a_{TO} \cdot k \cdot \lambda_{N_e} \cdot \eta_T \cdot T_{3M} \cdot D_K \cdot K_{3M} \cdot \alpha \cdot \tau \cdot 1,06}{100T_\Gamma \cdot C_w \cdot B_K \cdot V_T \cdot \xi_B \cdot \xi_v \cdot \tau \cdot \sum K_i} + \\ &+ S_m \frac{0,36 \cdot \lambda_{N_e} \cdot \eta_T \cdot T_{3M} \cdot D_K \cdot K_{3M} \cdot \tau \cdot \alpha \cdot 1,06}{\sum K_i} q_i + \\ &+ 1,0455 \frac{(m_\Gamma \cdot f_{li} + m_{всп} + S_i)1,046 \cdot 0,36 \cdot \lambda_{N_e} \cdot \eta_T \cdot \tau \cdot D_K \cdot T_{3M} \cdot K_{3M} \cdot \alpha \cdot 1,06}{7C_w \cdot B_K \cdot V_T \cdot \xi_B \cdot \xi_v \cdot \tau \cdot \sum K_i} + \\ &+ E_h \cdot k = 0 \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} N_e &= \frac{E_h \cdot 100 \cdot C_w \cdot B_K \cdot V_T \cdot \xi_B \cdot \xi_v \sum K_i \cdot T_\Gamma}{0,78 \cdot \lambda_{N_e} \cdot \eta_T \cdot \tau \cdot T_{3M} \cdot D_K \cdot K_{3M} \cdot \alpha \cdot 1,06(a'_h + a''_h + a_{TO} + a_p)} - \\ &- \frac{S_m \cdot 100 \cdot C_w \cdot B_K \cdot V_T \cdot \xi_B \cdot \xi_v \cdot \tau \cdot q_i \cdot T_\Gamma + 1,0455(m_\Gamma f_{li} + m_{всп} f_{2i} + S_i)1,046}{7(a'_h + a''_h + a_{TO} + a_p) \cdot k \cdot \alpha} \end{aligned} \quad (10)$$

На наш погляд, наведені вище розрахунки в принципі справедливі для тракторів всіх типів і призначення (колісні і гусеничні, універсальні, просапні і орні). Вартість трактора, як відмічалось, на кінцевий результат впливає мало.

Останнім часом зростання вартості палива призводить до збільшення вартості механізованих робіт, яка тісно пов'язана з коливаннями потужності тракторного двигуна. Тому, при розрахунку оптимальної потужності пропонуємо враховувати оптимальну величину витрати палива.

$$S_{\Pi} = S_K \cdot g \cdot W_{Дк}, \quad (11)$$

де  $S_{\Pi}$  – вартість палива;  
 $S_K$  – витрати палива на 1 га;  
 $g$  – питома витрата палива;  
 $W_{Дк}$  – об'єм робіт в напружений період.

Для орних тракторів потужність можна істотно підвищити з метою досягнення більшої продуктивності агрегату. Для виконання малоенергоємких

робіт (просапні трактори) поки слід орієнтуватися на менші потужності. Тому одержаний результат, в першу чергу, підходить для універсальних колісних тракторів.

**Висновки дослідження.** Сучасні методи вирішення оптимізаційної задачі по обґрунтуванню одиничної потужності сільськогосподарських тракторів в основі яких лежить формула "від енергозберігаючої технології механізованих робіт оптимального парку до оптимального трактора", в значній мірі сприяє збільшенню багатомарковості тракторів. Тому необхідно застосовувати методи оптимізації які базуються на формулі "від енергозберігаючої технології механізованих робіт оптимального трактора до оптимального парку".

### Список використаних джерел

1. Жукевич К.И. Методы экономической оценки сельскохозяйственных машин и технологий / К.И.Жукевич. – Минск, Ураджай, 1987. – 286 с.
2. Ксенович И.П. Проектирование универсально-промышленных тракторов / И.П. Ксенович, А.С. Солонский, С.М. Войчинский. – Минск, Ураджай, 1989. –348 с.
3. Кряжков В.М. Надежность и качество сельскохозяйственной техники / В.М.Кряжков. – М.: Агропромиздат, 1999. – 278 с.

### Аннотация

#### ПУТИ ОПТИМИЗАЦИИ МОЩНОСТИ

Костенко Е.М., Кривонос С.М., Дрожчаная О.У.

*В работе предлагается расчет оптимального выбора величины мощности тракторных двигателей, выходя из величины объёма механизированных работ в напряженный период полевых работ, а также величины приведенных эксплуатационных затрат.*

### Abstract

#### THE WAYS OF OPTIMIZATION OF TRACTOR POWER

O. Kostenko, S. Kryvonos, O. Drozhchana

*The article deals with the methods of the estimation of the most efficient power of a tractor engine taking into an account the scope of mechanized operations in the busiest period of field work as well as the agrarian and technical terms of these operations and fuel expenses. The authors offer the solution of the problem of the estimation of the single-unit power of a farm tractor based on the formula "from the energy-efficient technology of mechanized operations of the most effective tractor to the most efficient tractor fleet".*

## СТАН ОХОРОНИ ПРАЦІ В УКРАЇНІ НА СУЧАСНОМУ ЕТАПІ

Костенко О.М., Лапенко Т.Г., Дрожчана О.У.

*Полтавська державна аграрна академія*

*В роботі розглянуті питання впливу кризового економічного стану держави на стан охорони праці. Наведений аналіз чинників, що сприяють негативному стану охорони праці. Показана статистика виробничого травматизму та профзахворювань по Україні за 2016 рік у порівнянні з 2015 роком. Проаналізований стан умов праці на підприємствах. Розглянуті питання впливу нелегальної праці на соціальний захист працівників. Наводиться прогноз професійного здоров'я працівників в Україні на найближчі роки.*

*Ключові слова: охорона праці, умови праці, виробничий травматизм, профзахворювання, чинники виробничого травматизму.*

**Постановка проблеми.** Вивчення й вирішення проблем, пов'язаних із забезпеченням здорових і безпечних умов праці – одне з найбільш важливих завдань у розробці нових технологій і систем виробництва. Дослідження й виявлення можливих причин виробничих нещасних випадків, професійних захворювань, аварій, вибухів, пожеж, розробка заходів і вимог, спрямованих на усунення цих причин дозволяють створити безпечні й сприятливі умови для праці людини. Комфортні й безпечні умови праці – один з основних факторів, який впливає на продуктивність і безпеку праці, здоров'я працівників. Тому створення належних умов праці на кожному робочому місці, безпека та охорона праці стали найактуальнішими проблемами в Україні, оскільки має місце високий рівень виробничого травматизму, професійної захворюваності та смертності на виробництві серед осіб працездатного віку.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблема охорони праці є досить актуальною в наш час. Аналізу стану та динаміки виробничого травматизму в Україні, а також основних причин його виникнення і негативних наслідків присвячені праці таких науковців, як О.О. Бондарчука, А.П. Деньгіна, А.С. Єсищенко, Ю.І. Кундієва, В.Є. Любимова, П.П. Нагорної, К.А. Паршенка та інших. Але багато аспектів даної проблеми ще потребують дослідження.

Загалом проблема виробничого травматизму віднесена до категорії особливої державної і суспільної значущості, а її розв'язання – до пріоритетних завдань національної безпеки.

**Мета статті** – аналіз стану виробничого травматизму та професійних захворювань в Україні на сучасному етапі.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Стан охорони праці в Україні залежить від стану економіки в країні. Економічна криза призвела не тільки до падіння ВВП, зменшення виробництва всіх товарів і обсягу послуг, погіршення добробуту населення і інших негативних явищ, а також до недопустимих норм зносу основних фондів у всіх галузях, перевищенню строків їх використання,

відставання у технічному рівні від світових стандартів.

Кризовий стан економіки, боротьба багатьох підприємств за виживання, коли першочерговим завданням є виплата зарплати працівникам і внесення чергових платежів, природно відсувають діяльність по поліпшенню умов і охорони праці на другий план.

Країна перейшла на ринкову систему господарювання, у якій рушійним мотивом господарської діяльності виступає дохід. Ціль суб'єкту господарювання – одержання прибутку, тоді як капітальні вкладення в основні фонди, необхідні для поліпшення умов праці, призводять до росту собівартості продукції. В умовах, коли учасники виробничих процесів постійно віддають перевагу економічній вигоді, поліпшення умов праці виявляється важко розв'язуваною задачею.

Положення ускладнене також тим, що необхідні витрати, як правило, пов'язані з капіталовкладеннями в основні фонди, і вони значно перевищують економію на скорочення виплат у зв'язку з несприятливими умовами праці.

Ці негативні явища, а також практична відсутність державного фінансування на проблеми охорони праці та їх незадовільне матеріально-фінансове забезпечення на виробничому рівні призвели до фактичного занепаду системи охорони праці в Україні.

Головною метою державної політики України у сфері охорони праці є збереження життя, здоров'я і працездатності людини в процесі трудової діяльності. Об'єктивно оцінюючи охорону праці в Україні, на жаль, слід констатувати, що сучасний її стан не може задовольнити потреби нашого суспільства. Для того, щоб детально проаналізувати стан охорони праці в Україні, необхідно розглянути показники щодо виробничого травматизму та професійних захворювань. Одним із основних показників стану охорони праці є рівень виробничого травматизму та професійної захворюваності.

Так у 2016 році спостерігається зниження виробничого травматизму на 3,8% (з 4592 до 4766), смертельних випадків – на 1,1% (з 360 до 364). Кількість професійних захворювань зменшилась на 9,1% (з 1764 до 1603) [1].

До основних травмонебезпечних галузей економіки та видів робіт відносяться:

- добувна промисловість і розроблення кар'єрів – кількість травмованих складає 21,3% від загальної кількості травмованих по Україні (1015 травмованих осіб, в т.ч. 32 – смертельно);

- транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська діяльність – 8,7% (415 травмованих осіб, в т.ч. 60 – смертельно);

- сільське господарство, лісове господарство та рибне господарство – 8,2% (391 травмована особа, в т.ч. 63 – смертельно).

Кількість травмованих осіб у цих галузях складає 38,2% від загальної кількості травмованих по Україні.

Найбільше професійних захворювань сталося в галузі добувної промисловості і розробленні кар'єрів – 81,8% від загальної кількості по Україні (1311 осіб), що на 4,0% (54 особи) менше у порівнянні з минулим роком.

Зменшення кількості виробничих травм та професійних захворювань не

свідчить про поліпшення охорони праці, а лише про економічну кризу, скорочення кількості працюючих, зменшення обсягів виробництва чи зупинення діяльності багатьох підприємств.

Серед причин нещасних випадків переважають організаційні – 65,1% (3103) нещасних випадків. Через психофізіологічні причини сталося 22,8% (1088) нещасних випадків, а через технічні причини – 12,1% (575) нещасних випадків.

Найпоширенішими організаційними причинами стали:

- невиконання вимог інструкцій з охорони праці – 35,6% від загальної кількості травмованих осіб по Україні (1698 травмованих осіб);
- невиконання посадових обов'язків – 8,7% (414 травмованих осіб);
- порушення правил безпеки руху – 6,1% (292 травмовані особи);
- порушення технологічного процесу – 3,0% (145 травмованих осіб).

Найпоширенішими психофізіологічними причинами стали:

- особиста необережність потерпілого – 13,2% від загальної кількості травмованих осіб по Україні (628 травмованих осіб);
- травмування (смерть) внаслідок протиправних дій інших осіб – 5,8% (278 травмованих осіб);
- інші причини – 3,3% (155 травмованих осіб).

Найпоширенішими технічними причинами стали:

- незадовільний технічний стан виробничих об'єктів, будинків, споруд, інженерних комунікацій, території – 4,1% від загальної кількості травмованих осіб по Україні (196 травмованих осіб);
- інші технічні причини – 1,9% (89 травмованих осіб);
- незадовільний технічний стан засобів виробництва – 1,6% (76 травмованих осіб);
- конструктивні недоліки, недосконалість, недостатня надійність засобів виробництва – 1,3% (60 травмованих осіб);
- недосконалість технологічного процесу, його невідповідність вимогам безпеки – 1,0% (48 травмованих осіб).

У структурі професійних захворювань перше місце належить хворобам органів дихання – 42,8% від загальної кількості по Україні (686 випадків). На другому місці – захворювання опорно-рухового апарату (радикулопатії, остеохондрози, артрити, артози) – 39% (625 випадків). Третє місце за вібраційною хворобою – 8,7% (139 випадків), четверте за хворобами слуху – 3,5% (56 випадків).

Проведений аналіз нещасних випадків дає можливість класифікувати три основних види причин виробничого травматизму: організаційні, технічні, психофізіологічні. Аналіз показує, що більшість нещасних випадків відбувається з організаційних причин, які потрібно усунути силами самих організацій.

За умови економічної, екологічної та демографічної кризи в Україні склалася надзвичайна ситуація з безпекою та умовами праці на більшості підприємств, особливо середнього і малого бізнесу.

За даним Федерації профспілок України негативному стану охорони праці сприяють:



- відсутність ефективної державної політики у сфері охорони праці та здоров'я працівників;
- порушення вертикалі державного управління охороною праці;
- відсутності Національного плану дій щодо вирішення проблемних питань з охорони праці та попередження виробничих ризиків;
- нехтування виконанням своїх обов'язків у цій сфері, починаючи від Уряду, центральних та місцевих органів виконавчої влади до суб'єктів господарювання;
- відсутність державної системи управління охороною праці в окремих галузях економіки та у регіонах (адміністративно-територіальних одиницях України);
- відсутність економічних методів стимулювання роботодавців щодо попередження настання нещасних випадків на виробництві;
- явно недостатнє фінансування профілактичних заходів і засобів з охорони праці з Державного та місцевих бюджетів, Фондів соціального страхування та роботодавців [1].

Щорічно зростає кількість підприємств як державної, так і недержавної форми власності зі шкідливими та небезпечними умовами праці. Недооцінка, ігнорування факторів створення належних умов для безпечної праці завдають непоправної шкоди здоров'ю працівників, негативно впливають на рівень продуктивності праці.

За останні роки кількість працюючих в умовах, що не відповідають установленим нормам з охорони праці зросла з 15 до 30 % від загальної чисельності працівників і складає майже 3 млн людей. Важливо відмітити, що на роботах з такими умовами праці 1/4 таких працівників – жінки. Це негативно позначається на стані їх здоров'я, визиває порушення перебігу вагітності, викликає вади розвитку плоду та патологію серед народжених, що призводить до незадовільної демографічної ситуації в Україні

За даними Держкомстату в останні роки понад 1,5 млн працівників працювали в антисанітарних умовах збільшеної забрудненості повітря на робочому місці хімічними речовинами, пилом, перевищень рівнів шуму та вібрації, важкості та напруженості праці. На деяких підприємствах кількість таких робітників складає до 2/3 загальної кількості працюючих.

За даними Держсанпідемнагляду – більше 70% підприємств України не відповідають вимогам санітарних правил щодо функціонування на них систем опалення, вентиляції, освітлення та роботи санітарно-побутових приміщень. В середньому в шкідливих та небезпечних умовах праці на сьогоднішній день працює майже кожен третій робітник [2].

За офіційними даними 5,5 млн працівників сфери малого і середнього бізнесу в Україні перебувають «у тіні», тобто працюють без юридичного оформлення трудових відносин з роботодавцями. Вони практично позбавлені права на цільове медичне обслуговування, пільги та компенсації за важкі та шкідливі умови праці, допомоги у разі нещасного випадку [3].

Через погіршення умов праці, високого рівня професійних захворювань серед населення України працездатного віку спостерігаються руйнівні тенденції,

які призводять до значного ослаблення трудового потенціалу, погіршення демографічної ситуації в Україні. Це проявляється зменшенням загальної чисельності працездатного населення, особливо – зменшенням питомої ваги населення молодших вікових груп, як резерву трудового потенціалу.

За таких темпів безповоротного погіршення професійного здоров'я в Україні вже у 2016–2020 рр. потреба в трудових ресурсах у провідних галузях промисловості може бути задоволена лише на 38–44 %, що загрожує колапсом кадрового забезпечення виробництва, особливо в таких галузях, як металургійна, хімічна та коксохімічна, вугільна, гірничо-збагачувальна, енергетична промисловість.

Ситуація погіршується ще й тим, що під впливом представників бізнесу обмежується діяльність органів державного нагляду за дотриманням і забезпеченням законних прав і свобод громадян у соціально-трудої сфері.

В період переходу до ринкової економіки, зміною форм власності, суттєвим зменшенням державного сектору економіки, непродуманою політикою приватизації, яка супроводжувалась масовою «тінізацією» і порушенням законодавства, зубожінням більшості верств населення, ростом інфляції та іншими негативними явищами увага до проблем охорони праці значно зменшилася. Держава, по суті, залишила за собою дві функції – нагляд за станом охорони праці і фіскальні функції до порушників діючого законодавства.

**Висновки і перспективи.** Наведені дані показують, що поруч з позитивними змінами у динаміці загального рівня виробничого травматизму та професійної захворюваності, що в основному пояснюються зменшенням кількості працюючих, в більшості галузей економіки України, існує ряд проблем, які потребують втручання держави і відповідних органів державного нагляду за охороною праці. Тому, для запобігання виробничому травмуванню та професійним захворюванням, підвищення рівня безпеки виробництва роботодавцям необхідно: забезпечити функціонування на підприємстві системи управління охороною праці; своєчасно виявляти чинники виникнення небезпечних ситуацій на виробництві; усувати причини, що призводять до нещасних випадків; забезпечити навчання та перевірку знань з питань охорони праці працівників; здійснювати контроль за дотриманням працівниками вимог законодавчих та нормативно-правових актів з охорони праці. Отже, роботодавець повинен більше уваги приділяти саме профілактичній роботі з охорони праці.

## **Список літературних джерел**

1. Фонд соціального страхування від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань України – [Режим доступу]: <http://www.social.org.ua/activity/profilactika>.
2. Горюк О. Травматизм в Україні. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://confcv.at.ua/forum/68-700-1>.
3. Деньгін А.П. Дослідження впливу тіньового ринку праці на стан виробничого травматизму в Україні / А.П.Деньгін, Т. М.Таїрова // Охорона

## **Аннотация**

### **СОСТОЯНИЕ ОХРАНЫ ТРУДА В УКРАИНЕ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ**

Костенко Е.М., Лапенко Т.Г., Дрожчаная О.У.

*В работе рассмотрены вопросы влияния кризисного экономического состояния государства на состояние охраны труда. Приводится анализ причин, способствующих негативному состоянию охраны труда. Показана статистика производственного травматизма и профессиональных заболеваний в Украине за 2016 год в сравнении с 2015 годом. Проанализировано состояние условий труда на предприятиях. Рассмотрены вопросы влияния нелегального труда на социальную защиту работающих. Наводится прогноз профессионального здоровья трудящихся по Украине на ближайшие годы.*

## **Abstract**

### **THE CURRENT STATE OF WORKPLACE HEALTH AND SAFETY IN UKRAINE**

O. Kostenko, T. Lapenko, O. Drozhchana

*The article deals with the problem of the impact of the economic crisis in Ukraine on the state of workplace health and safety. The authors analyze the factors which influence the negative state of workplace health and safety. They show the rate of accidents at work and occupational diseases in Ukraine in 2016 compared with 2015. They analyze the working conditions at enterprises and the problem of the impact of illegal occupation on social welfare. The authors give the forecast of professional health of workers in Ukraine for the nearest years.*

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЗЕРНІВКИ НА МІЦНІСТЬ ТА ДЕФОРМАЦІЮ ПРИ РІЗНИХ ПРИКЛАДЕНИХ НАВАНТАЖЕННЯХ

Пустовіт С.В., к.т.н., ст. викл., Котков В.І., к.т.н., доц., Шмалюк М.І., викл.

*Визначено вплив навантаження на міцність та деформацію зернівки при різних навантаженнях. Викладено методику по визначення зусилля руйнування зерна та його деформацію на спеціально виготовленій установці. Приведена будова установки для визначення зусилля і деформації зерна, описаний принцип роботи запропонованої установки.*

*Ключові слова: міцність зерна, зусилля, деформація руйнування.*

**Постановка проблеми.** Урожайність сільськогосподарських культур залежить від багатьох факторів, одним з яких є якісний насінневий матеріал, який дає змогу без додаткових енергетичних затрат (добрива, пестициди) забезпечити належний ріст рослин, знизити негативний вплив бур'янів, хвороб, шкідників і завдяки цим факторам підвищити врожайність культури і якість одержуваної продукції, поліпшити екологічний стан поля.

Тому проведення досліджень, з метою визначення зусилля руйнування зерна та його деформації, є актуальним.

**Аналіз результатів останніх досліджень.** У формування теорії та проведенні досліджень, з метою визначення руйнівного зусилля та деформації зерна, значний внесок зробили: О.П. Тарасенко, І.О. Наумов, С.Д. Хусід, П.О. Ребіндер, та інші [1-4].

І.О. Наумов дослідив вплив вологості та температури на зусилля та деформацію руйнування. З підвищенням вологості руйнівне зусилля зменшується, а величина деформації збільшується [2].

**Мета досліджень.** Метою роботи являється визначення зусилля та деформацію руйнування зерна озимої пшениці Поліська 90.

**Результати досліджень.** Міцність зерна характеризується зусиллям (Р) і деформацією ( $\Delta l$ ) руйнування. Досліди проводили на зерні озимої пшениці сорту Поліська 90 кондиційної вологості. Зусилля та деформуюче руйнування визначили на спеціально виготовленій установці (рис.1) що складається з рами 1, мотора-редуктора МП-100-2, тензومه-тричного кільця 3, сполученого з опорним майданчиком 4, рухливим телескопічним майдан-чиком 5 з консольною тензометричною балкою 6, мікрогвинта 7, осцилографа Н 117- 8 і підсилювача ТА-5-9. Елементи установки для визначення зусилля і деформації руйнування показані на рис. 2.



Рис. 1 – Установа для визначення зусилля і деформації руйнування зерна

1 - рама; 2 - мотор-редуктор МП-100; 3 - тензометричне кільце; 4 - опорний майданчик; 5 - рухливий телескопічний майданчик; 6 - консольна тензометрична балка; 7 - мікрометричний гвинт; 8 - осцилограф Н 117; 9 - підсилювач ТА-5



Рис. 2 – Елементи установи для визначення зусилля і деформації руйнування зерна:

3 - тензометричне кільце; 4 - опорний майданчик; 5 - рухливий телескопічний майданчик; 6 - консольна тензометрична балка; 7 - мікрометричний гвинт.

Зверху на зерно під дією сили тяжіння опускали телескопічний рухливий майданчик 5 з тензометричною балкою 6 для виміру деформації руйнування. Мікрогвинт 7, що є опорою для балки, закручували до торкання з нею. Момент торкання визначали за початком переміщення світлової плями (зайчика) на дзеркалі осцилографа Н 117. При включенні двигуна мотор-редуктора 2, рухливий майданчик впирається у виступи рами і після цього зерно починає стискатися.

Зусилля, діюче на тензометричне кільце 3 і балку 6, за допомогою тензодатчиків, перетворюється на електричні сигнали, які посилюються підсилювачем ТА-5 і передаються в осцилограф Н 117, де вони перетворюються на світлові сигнали і записуються на світлочутливий папір.

**Висновок.** Досліди проводили на зерні озимої пшениці сорту Поліська 90 кондиційної вологості. Величина руйнівного зусилля та деформація руйнування зерна проводилась на спеціально виготовленій установці.

Проведені дослідження показали, що характер руйнування зерна залежить від характеру та величини зовнішнього навантаження.

Дані дослідження, дають змогу визначати величину руйнівного зусилля та деформацію руйнування зерна, що впливає на посівні якості насіння. Це важливо при розмноженні насіння еліти й супереліти та першої репродукції нових перспективних сортів польових культур, дає можливість підвищити урожайність сільськогосподарських культур.

## Список використаних джерел

1. Тарасенко А.П., Влияние внешних нагрузок и физико-механических свойств на их травмирование и посевные качества. - Воронеж, 1983. - С.26-44.
2. Наумов И.А., Совершенствование кондиционирования и измельчения пшеницы и ржи. - М.: Колос, 1975.- С.63-78.
3. Хусид С. Д., Измельчение зерна.- М.: Хлебоиздат, 1958. - С.142-158.

## Аннотация

### ИССЛЕДОВАНИЕ ЗЕРНОВКИ НА ПРОЧНОСТЬ И ДЕФОРМАЦИИ ПРИ РАЗНЫХ ПРИЛОЖЕННОЙ НАГРУЗКИ

Пустовит С.В., Котков В.И., Шмалюк Н.И.

*Определено влияние нагрузки на прочность и деформацию зерновки при различных нагрузках. Изложена методика по определению усилия разрушения зерна и его деформацию на специально изготовленной установке. Приведена строение установки для определения усилия и деформации зерна, описан принцип работы предложенной установки.*

*Ключевые слова: прочность зерна, усилия, деформация разрушения.*

## Abstract

### RESEARCH GRAINS OF STRENGTH AND DEFORMATION AT DIFFERENT APPLIED LOAD

S. Pustovit, V. Kotkov, N. Shmalyuk

*The effect of stress on strength and deformation of grains at different loads. The methodology for determining effort destruction of grain and its strain on a specially made installation. Present structure of the installation to determine the force and deformation of grains, describes the work of the proposed installation.*

*Key words: grain strength, effort, deformation damage.*

## ЗМІСТ

ВПЛИВ КРИВИЗНИ РЕШЕТА НА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОЗДІЛЕННЯ НАСІННЄВОЇ СУМІШІ РІПАКУ Бакум М.В., Харченко С.О., Кречот М.М., Винокуров М.О., Синяєва О.В., Вотченко О.С., Павленко А.С.....	5
РЕЗУЛЬТАТИ ОЧИЩЕННЯ НАСІННЄВОЇ СУМІШІ СОЇ НА ПНЕВМАТИЧНОМУ СЕПАРАТОРІ Бакум М.В., Кречот М.М., Шептур О.А., Абдуєв М.М., Синяєва О.В., Циба М.В.....	13
ОСОБЛИВОСТІ ВІБРОСЕПАРАЦІЇ НАСІННЯ РІПАКУ Бакум М.В., Михайлов А.Д., Козій О.Б., Абдуєв М.М.....	19
КОТУШКОВИЙ ВИСІВНИЙ АПАРАТ Бакум М.В., Пастухов В.І., Кириченко Р.В., Крохмаль Д.В., Басов О.І., Касаткін А.С. ....	24
ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ МАШИН ДЛЯ ЗАГОТІВЛІ ТРАВ НА СІНО Бакум М.В., Михайлов А.Д., Козій О.Б., Кириченко Р.В.....	30
ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ ВИСОКОЇ НАПРУГИ В ХІМІЧНОМУ ЗАХИСТІ РОСЛИН Сташків М.Я., Рибак Т.І., Бортник І.М. ....	39
ОБЗОР КОНСТРУКЦІЙ ПІДВІСОК СОШНИКІВ СІВАЛОК Пастухов В.І., Скофенко С.М., Крохмаль Д.В.....	44
ДО ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОМИСЛОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ТОМАТІВ Пастухов В.І., Сисенко І.І. ....	49
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СЕЯЛОК ЗА СЧЕТ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ Морозов И.В., Морозов В.И., Киральгази И.И., Курлов В.И.....	54
ДО ОБГРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ОЧИСТКИ ЗЕРНОВИХ СУМІШЕЙ ВІД ЛЕГКИХ ДОМІШОК Сліпченко М.В.....	60
ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ АГРОПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА Алієв Е.Б., Лабатюк Ю.М.....	67
MATHEMATICAL MODELLING OF TRANSITION OF NOZZLES FOR LIQUID SPRAYER AND GENERATION OF MICROCLIMATE IN THE PREMISES OF GREENHOUSES INTO VARIOUS POSSIBLE CONDITIONS A. Voiko, V. Savchenko, V. Krot .....	72

ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ПРОЦЕСУ КОНДЕНСАЦІЇ ВОДЯНИХ ПАРІВ ВОЛОГОГО ПОВІТРЯ НА ТЕПЛОПОГЛИНАЛЬНІЙ ПОВЕРХНІ Іванов О.М. ....	78
ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СЕМЯН ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР Луцькянєнко В.М., Галич И.В., Домашич К.И. ....	85
СУЧАСНИЙ СТАН БДЖІЛЬНИЦТВА В УКРАЇНІ Васильківська Т.Ю., Лєсницька О.А. ....	89
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНУТРИПОЧВЕННОГО ВНЕСЕНИЕ ГЕРБИЦИДОВ В СЛОЕ ПЕНЫ Мельник В.И., Луцькянєнко А.В. ....	95
МЕТОД РАСЧЁТА ПОЛЯ СКОРОСТЕЙ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ МЕЖДУ ДВУМЯ ЭКВИДИСТАНТНЫМИ ПЛОСКОСТЯМИ ПРИ СОВЕРШЕНИИ ИМИ СИНХРОННЫХ ГАРМОНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ Луцькянєнко В.М., Никифоров А.А., Петрик А.П. ....	100
ВПЛИВ ТУРГОРУ КОРЕНЕПЛОДІВ ЦУКРОВОГО БУРЯКА НА ЯКІСТЬ БУРЯКОВОЇ СТРУЖКИ Фабричницька І.А., Коломієць В.В., Квятковський А.Й. ....	106
МОДЕЛЮВАННЯ КОЛИВАННЯ ТИСКУ ВАКУУМНОЇ СИСТЕМИ ДОЇЛЬНОЇ УСТАНОВКИ Дмитрів В.Т., Дмитрів І.В. ....	115
МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ПАСИВНИХ МЕХАНІЧНИХ ПІДВІСОК СІДІНЬ ОПЕРАТОРІВ МОБІЛЬНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН Лук'яненко В.М., Жиліна О.О., Кісь В.М. ....	124
ПОВЫШЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ГОТОВНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ОПЕРАЦИЙ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ КРУПНОГАБАРИТНОЙ ПРОДУКЦИИ Полянский А.С. Клец Д.М., Дубинин Е.А., В.Н. Плетнев ....	129
ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОМЕНТА ОТРЫВА КОЛЕСА МАШИНЫ ПРИ ОПРОКИДЫВАНИИ МЕТОДОМ ПАРЦИАЛЬНЫХ УСКОРЕНИЙ Полянский А.С., Кириєнко Н.М., Задорожня В.В. ....	137
НОРМИРОВАНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕМЕНТОВ ДВИГАТЕЛЯ Полянский А.С., Молодан А.А. ....	142
ОБГРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ГНУЧКОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ТВЕРДОГО БІОПАЛИВА З РОСЛИННИХ ТА ДЕРЕВНИХ ВІДХОДІВ Полянський О.С., Дьяконов О.В. ....	149
ДОСЛІДЖЕННЯ РІВНЯ ВИРОБНИЧОГО ТРАВМАТИЗМУ ТА ПРОФЗАХВОРЮВАНОСТІ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ПРОДУКЦІЇ	



РОСЛИННИЦТВА В УМОВАХ ВІДКРИТОГО ТА ЗАХИЩЕНОГО ҐРУНТУ УКРАЇНИ	
Савченко Л.Г., Савченко В.М.....	160
АППРОКСИМАЦІЯ ФУНКЦІЇ НОРМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФУНКЦИЕЙ ЛОГИСТИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ЕЁ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ	
Дубницький В.Ю., Фесенко Г.В., Черепнев И.А. ....	168
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ВЫПАРИВАНИЯ В САХАРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ	
Ляшенко С.А., Фесенко А.М., Ляшенко А.С. ....	182
ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ШИРИНЫ ЛИНИИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛИДАРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ РАДИОАКТИВНЫХ И ОТРАВЛЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ	
Романюк В.А., Нестеренко С.В., Кириенко Н.М., Иванова О.П.....	191
НОВАЯ ЭЛЕМЕНТНАЯ БАЗА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО УСТОЙЧИВОСТИ КОЛЁСНЫХ МАШИН	
Полянский А.С., Задорожня В.В., Переверзева Л.Н. ....	201
ОЦІНКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ТОЧНОСТІ ТРАКТОРІВ НА ТРАНСПОРТНИХ РОБОТАХ	
Лебедев А.Т., Шуляк М.Л. ....	206
РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ КОМБІНОВАНОГО ҐРУНТООБРОБНО-ПОСІВНОГО АГРЕГАТУ	
Антощенков Р.В., Лебедев А.Т., Антощенков В.М.....	213
ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТА ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ГІДРОПРИВОДУ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ ГУСЕНИЧНИХ МАШИН	
Шушляпін С.В., Дюндик С.М.....	219
ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ В СИСТЕМАХ ВІДСТЕЖЕННЯ КРАЮ СМУГИ РУХУ АВТОТРАНСПОРТУ	
Мазанов В.Г., Бойков І.В., Дюндик С.М., Шушляпін С.В. ....	226
АНАЛІЗ МЕТОДОЛОГІЇ ВИТОВЛЕННЯ ДРЕВЕСНИХ ГРАНУЛ ПРЕСУВАННЯМ	
Єсіпов О.В., Поляшенко С.О., Чорноморець М.С.....	231
СОЛОМА, ЯК АЛЬТЕРНАТИВНИЙ ВИД ПАЛИВА	
Єсіпов О.В., Поляшенко С.О., Бутенко Д.Ю.. ....	238
ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ ТРАКТОРА ХТЗ-160 ЗАСТОСУВАННЯМ МЕХАТРОННОЇ СИСТЕМИ АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ ПОВОРОТОМ	
Макаренко М.Г., Кулаков Ю.М., Макаренко О.М. ....	244

ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ ТРАКТОРА ХТЗ-170 ЗАСТОСУВАННЯМ МЕХАТРОННОЇ СИСТЕМИ АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ ГІДРОНАЧІПНОЮ СИСТЕМОЮ	
Макаренко М.Г., Горобець О.К., Макаренко О.М.....	255
ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ВИКОНАННЯ ПОСІВУ	
Зубко В.М.....	263
ОЦІНКА ЯКОСТІ РОБОТИ БОРОНИ-ЛУЩИЛЬНИКА «ДУКАТ-4» З СТІЙКАМИ КРІПЛЕННЯ ДИСКІВ РІЗНОЇ ЖОРСТКОСТІ	
Харченко С.О., Анікеєв О.І., Циганенко М.О., Антощенков Р.В., Качанов В.В., Калюжний О.Д., Гаєк Є.А., Сорокотяга Г.В.....	274
ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА ЦИКЛОНОМ АСПИРАЦИОННЫХ СИСТЕМ САМОПЕРЕДВИЖНЫХ СЕПАРАТОРОВ	
Гаєк Е.А.....	283
ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА ОРІЄНТАЦІЮ ПОСІВНОГО МАТЕРІАЛУ В ВИСІВАЮЧОМУ АПАРАТІ	
Кузіна Т.В. ....	290
ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЇ ТА КЛАСИФІКАЦІЙНА МОДЕЛЬ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЇ STRIP-TILL	
Анікеєв О.І., Сердюк Ю.О.....	299
СКЛАДОВІ СТРУКТУРИ ТВЕРДИХ ОРГАНІЧНИХ ДОБРІВ	
Мельник В.І., Романащенко О.А. ....	305
ОБОСНОВАНИЕ ПРОФИЛЯ ПЛОСКОРЕЖУЩЕЙ ЛАПЫ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ ВАРИАЦИОННОГО ИСЧИСЛЕНИЯ	
Турчин В.Я., Аникеев А.И., Храмов Н.С. ....	311
ІННОВАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО РОЗВИТКУ МАТЕРІАЛЬНО-ТЕХНІЧНОЇ БАЗИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ УКРАЇНИ	
Луньова В.А., Онегіна В.М., Лисиченко М.Л., Панкова О.В.....	319
ДО ПИТАННЯ МАТЕМАТИЧНОГО ОПИСУ РУХУ ВИМОЛОЧЕНОГО НАСІННЯ В КІЛЬЦЕВОМУ КАНАЛІ ЗМІННОГО ПЕРЕРІЗУ	
Степаненко С.П., Котов Б.І., Спірін А.В. ....	330
ШЛЯХИ ОПТИМІЗАЦІЇ ПОТУЖНОСТІ	
Костенко О.М., Кривонос С.М., Дрожжана О.У. ....	340
СТАН ОХОРОНИ ПРАЦІ В УКРАЇНІ НА СУЧАСНОМУ ЕТАПІ	
Костенко О.М., Лапенко Т.Г., Дрожжана О.У. ....	346
ДОСЛІДЖЕННЯ ЗЕРНІВКИ НА МІЦНІСТЬ ТА ДЕФОРМАЦІЮ ПРИ РІЗНИХ ПРИКЛАДЕНИХ НАВАНТАЖЕННЯХ	
Пустовіт С.В., Котков В.І., Шмалюк М.І.....	352

**ВІСНИК**  
**ХАРКІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ**  
**СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ ПЕТРА ВАСИЛЕНКА**

Випуск 180

«Механізація сільськогосподарського виробництва»

Відповідальний за випуск: Власовець В.М.

Редактори: Пастухов В.І., Лебедєв А.Т., Лук'яненко В.М., Харченко С.О.,  
Кірієнко М.М.

Комп'ютерна верстка: Галич І.В.

Підписано до друку 13.03.2017. Здано до набору 14.03.2017.  
Формат 60×84 1/16. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman.  
Офсетний друк. Умов. друк. арк. 17,15  
Тираж 300 примірників

---

Роздруковано у друкарні ФОП Сегаль І.М.  
61050, Харків, пл. Руднева, 4  
Зам. № 36/05, тел. (057) - 7579382