



Всеукраїнський науково-технічний журнал

Ukrainian Scientific & Technical Journal

ISSN 2306-8744

DOI: 10.37128/2306-8744-2021-4

# Вібрації в техніці та технологіях



**Всеукраїнський науково-технічний журнал**

**Ukrainian Scientific & Technical Journal**

# **Вібрації в техніці та технологіях**

**№ 4 (103)**

**Вінниця 2021**

**ВІБРАЦІЇ В  
ТЕХНІЦІ ТА  
ТЕХНОЛОГІЯХ**

Журнал науково-виробничого та навчального  
спрямування Видавець: Вінницький національний  
аграрний університет

Заснований у 1994 році під назвою “Вібрації в техніці та  
технологіях”

*Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової  
інформації*

КВ № 16643-5115 ПР від 30.04.2010 р.

*Всеукраїнський науково-технічний журнал “Вібрації в техніці та  
технологіях” / Редколегія: Калетнік Г.М. (головний редактор) та інші. – Вінниця,  
2021. – 4 (103) – 120 с.*

*Друкується за рішенням Вченої ради Вінницького національного аграрного  
університету (протокол № 6 від 24.12.2021 р.)*

*Періодичне видання включено до Переліку наукових фахових видань  
України з технічних наук (Категорія «Б» Наказ Міністерства освіти і науки  
України від 02.07.2020 р. № 886)*

**Головний редактор**

**Калетнік Г.М.** – д.е.н., професор,  
академік НААН України, Вінницький  
національний аграрний університет

**Заступник головного  
редактора**

**Адамчук В.В.** – д.т.н., професор, академік  
НААН України, Національний науковий  
центр “Інститут механізації та електрифікації  
сільського господарства”

**Відповідальний секретар**

**Солона О.В.** – к.т.н., доцент, Вінницький  
національний аграрний університет

**Члени редакційної колегії**

**Булгаков В.М.** – д.т.н., професор, академік  
НААН України, Національний університет  
біоресурсів і природокористування України

**Граняк В.Ф.** – к.т.н., доцент, Вінницький  
національний аграрний університет

**Деревенько І. А.** – к.т.н., доцент,  
Національний університет «Львівська  
політехніка»

**Зіньковський А.П.** – д.т.н., професор,  
Інститут проблем міцності імені Г. С.  
Писаренка НАН України

**Купчук І.М.** – к.т.н., доцент, Вінницький  
національний аграрний університет

**Матвєєв В.В.** – д.ф.-м.н., професор,  
академік НАН, Інститут проблем міцності  
імені Г.С. Писаренка НАН України

**Полєвода Ю.А.** – к.т.н., доцент, Вінницький  
національний аграрний університет

**Севостьянов І.В.** – д.т.н., професор,  
Вінницький національний аграрний  
університет

**Твердохліб І.В.** – к.т.н., доцент, Вінницький  
національний аграрний університет

**Токарчук О.А.** – к.т.н., доцент, Вінницький  
національний аграрний університет

**Цуркан О.В.** – д.т.н. доцент, Вінницький  
національний аграрний університет

**Зарубіжні члени редакційної колегії**

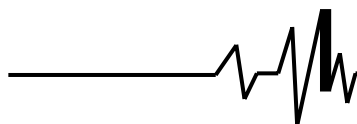
**Максімов Джордан Тодоров** – д.т.н., проф., Технічний Університет Габрово (Болгарія)

Технічний редактор **Замрій М.А.**

Адреса редакції: 21008, Вінниця, вул. Сонячна 3, Вінницький національний аграрний  
університет, тел. 46 – 00– 03

Сайт журналу: <http://vibrojournal.vsau.org/>

Електронна адреса: [vibration.vin@ukr.net](mailto:vibration.vin@ukr.net)

**З М І С Т****1. ТЕОРІЯ ПРОЦЕСІВ ТА МАШИН**

<i>Цуркан О.В.</i> АНАЛІЗ ВІБРАЦІЙНИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ СУШІННЯ НАСІННЯ ГАРБУЗА.....	5
<i>Булгаков В. М., Адамчук В.В., Кувачов В.П., Солоня О. В.</i> ОЦІНЮВАННЯ ЕНЕРГОНАСИЧЕНОСТІ ШИРОКОКОЛІЙНИХ (ПОРТАЛЬНИХ) ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ.....	15
<i>Коц І. В, Куриленко Ю. П.</i> РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ГЛИБИННИХ ВІБРАТОРІВ З ГІДРОІМПУЛЬСНИМ ПРИВОДОМ ДЛЯ УЩІЛЬНЕННЯ БЕТОННИХ СУМІШЕЙ .....	26
<i>Савєлов Д. В.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМУ РОБОТИ ДИНАМІЧНОЇ СИСТЕМИ «ВІБРАЦІЙНА ПЛИТА - ПОЛІМЕРНИЙ БЕТОН» ПІД ЧАС ПОВЕРХНЕВОГО УЩІЛЬНЕННЯ .....	33
<i>Мельник В. М., Косова В. П., Жуковська К. В.</i> АВТОМАТИЧНЕ КЕРУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИМ СТАНОМ РОБОЧОЇ РІДИНИ В БІОРЕАКТОРІ НА РЕЗОНАНСНОМУ РІВНІ.....	41
<i>Бабин І. А.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ІМПУЛЬСНОЇ ВІБРАЦІЇ ПЕРІОДИЧНО ПРАЦЮЮЧОГО ІНЖЕКТОРА СИСТЕМИ ПРОМИВАННЯ ДОІЛЬНИХ УСТАНОВОК.....	47
<i>Омельянов О.М.</i> ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ОЦІНКА ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄМНОЇ ВІБРОСЕПАРАЦІЇ СИПКОЇ ПРОДУКЦІЇ.....	61

**2. МАШИНОБУДУВАННЯ ТА МАТЕРІАЛООБРОБКА**

<i>Сивак Р.І., Залізняк Р.О.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕМАТИКИ ПЛАСТИЧНОЇ ТЕЧІЇ МЕТАЛУ ЗА ДОПОМОГОЮ ЗМІННИХ ЕЙЛЕРА І ЛАГРАНЖА.....	68
<i>Дудчак В.М., Пришляк В.М.</i> МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НАПОВНЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ СТРУКТУР РОБОЧИХ ОРГАНІВ БУНКЕРНОГО ТИПУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН МАТЕРІАЛАМИ СФЕРИЧНОЇ ФОРМИ.....	77

**3. ПЕРЕРОБНІ ТА ХАРЧОВІ ВИРОБНИЦТВА**

<i>Яремчук О. С., Новгородська Н. В.</i> ВИКОРИСТАННЯ УЛЬТРАЗВУКУ У ВИРОБНИЦТВІ ФЕРМЕНТОВАНИХ КИСЛОМОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ.....	90
<i>Берник І. М.</i> ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ДІЇ ПРИ ОБРОБЦІ ХАРЧОВОЇ СИРОВИНИ.....	99
<i>Спірін А.В., Цуркан О.В., Твердохліб І.В., Омельянов О.М.</i> ШЛЯХИ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА НАСІННЯ ТРАВ.....	110

**Спирін А. В.**

к.т.н., доцент

**Цуркан О. В.**

д.т.н., доцент

**Відокремлений  
структурний підрозділ  
«Ладжинський фаховий  
коледж ВНАУ»**

**Твердохліб І. В.**

к.т.н., доцент

**Омельянов О. М.**

асистент

**Вінницький національний  
аграрний університет**

**Spirin A.**

Ph.D., Associate Professor

**Tsurkan O.**Doctor of Technical Sciences,  
Associate Professor

**Separated structural unit  
«Ladyzhyn Professional  
College of Vinnytsia  
National Agrarian  
University»**

**Tverdokhlib I.**

Ph.D., Associate Professor

**Omelyanov O.**

Assistant

**Vinnytsia National Agrarian  
University**

**УДК 631.361:621.928.1****DOI: 10.37128/2306-8744-2021-4-12**

## **ШЛЯХИ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА НАСІННЯ ТРАВ**

Основною стримуючою розвиток насінництва причиною є агротехнічні та фізико-технічні особливості рослин і, власне, насіння. Спеціальних комбайнів для збирання насінників трав поки що не існує, і тому рекомендується для їх збирання використовувати серійні зернозбиральні комбайни обладнані спеціальними пристосуваннями. Основними напрямками удосконалення процесу обробітку насінневого вороху на стаціонарні є інтенсифікація процесу первинної очистки насіння та його витирання із бобів, що надає можливість підвищити продуктивність технологічної лінії та зменшити трудомісткість процесу. В роботі порівнювали шість найбільш розповсюджених технологій збирання насіння люцерни за наступними окремими показниками: експлуатаційні затрати (грн/га), енергоємність (МДж/га), металоємність (кг/га), втрати урожаю (кг/га). Найкращі результати комплексного порівняння у тих технологій, які переробляють на стаціонарні всю зібрану насінневу масу.

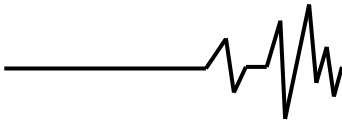
Авторами була розроблена конструкція теркового пристрою з горизонтальними терковими дисками. Для отримання нових наукових даних про фізичний процес витирання насіння з бобів та вивчення закономірностей, які при цьому відбуваються, були проведені експериментальні дослідження які дозволили отримати раціональні конструктивні та технологічні параметри процесу витирання. Одним з шляхів інтенсифікації процесу виробництва насіння бобових трав є поєднання технологічних процесів витирання та сепарації в одній машині. Аналіз різноманітних сепаруючих пристроїв показав, що найкраще для цього підходять машини з обертовим решетом циліндричної або конічної форми. Продовження часу перебування матеріалу на решеті шляхом застосування конічної поверхні збільшує вихід чистого насіння, а також сприяє рівномірному завантаженню поверхні решета, що покращує якість вихідного матеріалу.

**Ключові слова:** люцерна, конюшина, насіння, технологія збирання, терковий пристрій, витирання, сепарація.

**Постановка проблеми.** Беззаперечною аксіомою є твердження про те що розвинуте тваринництво потребує відповідного рівня виробництва насіння кормових культур, особливо люцерни та конюшини. Про це неодноразово заявлялось з різних джерел, в тому числі і авторами [1], але судячи з незадовільного стану тваринництва України, проблема лишається не вирішеною. Потрібно зауважити що, на відміну від інших негараздів аграрного виробництва, тут є в

наявності декілька об'єктивних причин які стримують розвиток виробництва насіння трав.

Мабуть, основною стримуючою розвиток насінництва причиною є агротехнічні та фізико-технічні особливості рослин і, власне, насіння. Характерною особливістю насінників трав, є їх підвищена засміченість (до 60%) бур'янами підвищеної вологості. В період збирання насінників трав спостерігається значна різниця у вологості окремих частин рослин. Так вологість насіння конюшини знаходиться в межах 12...35%.



Деякі рослини мають схильність до полягання. Ще одна особливість фізико-механічного характеру – незначна масова частка насіння в загальному урожаї культури.

Так, наприклад, в [7] розглядається використання роторних молотильно-сепаруючих пристроїв на збиранні насіння конюшини. При цьому спостерігається нестабільність протікання технологічного процесу, в першу чергу через інтенсивне утворення джгутів зі стебел рослин і, як наслідок, стрімке зростання енергозатрат. Зроблено висновок, що основним шляхом подолання цих проблем є удосконалення теркових поверхонь, мінімізація зазорів, а також пошук рішень для нормалізації стеблової маси.

При збиранні насінників трав зернозбиральними комбайнами важливо дотримуватись раціональних параметрів роботи двигуна та основних робочих органів. Так в роботі [8] відмічається що при зниженні обертів двигуна на 10% втрати за соломотрясом та іншими робочими органами комбайна збільшується в 5 разів. Тому під час збирання оберти двигуна повинні бути максимальними. Тут же робиться дуже важливий висновок про те, що збирання насінників трав – найбільш складна праце- та енергозатратна операція в технології робіт по їх виробництву. Відмічається, що спеціальних комбайнів для збирання насінників трав поки що не існує, і тому рекомендується для їх збирання використовувати серійні зернозбиральні комбайни обладнані спеціальними пристосуваннями.

Пошуку нових рішень інтенсифікації збирання насінників трав в Україні присвячені роботи [9,10]. В них зроблений висновок, що основними напрямками удосконалення процесу обробітку насінневого вороху на стаціонарні є інтенсифікація процесу первинної очистки насіння та його витирання із бобів, що надає можливість підвищити продуктивність технологічної лінії та зменшити трудомісткість процесу.

Всі ці особливості значно затрудняють виконання найбільш складної і відповідальної операції в процесі виробництва насіння – збирання.

За різними оцінками за благоприємних погодних умов втрати біологічного урожаю можуть сягати 20%, а в дощову погоду перевищують навіть 50%.

Всі ці відмічені факти, нажаль, приводять до висновку що проблема збирання насіння трав наразі залишається не вирішеною. Не зважаючи на декілька десятирічь роботи багатьох колективів питання забезпечення галузі кормовиробництва якісним насінням кормових, особливо бобових, трав лишається актуальним.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Саме збирання насіння трав є найбільш проблемним місцем у їх виробництві.

Якщо з вирощуванням насінневих посівів люцерни, конюшини та інших трав основні питання вже вирішені [3, 4], то питання збирання залишається відкритим [5]. Тобто можна сказати що основним шляхом інтенсифікації виробництва насіння трав є, навіть, не збільшення урожайності культур на корені, а саме зменшення втрат при їх збиранні. В більшості випадків для збирання насіння трав використовують зернозбиральні комбайни зі спеціальними пристосуваннями до них. Потрібно зауважити що не завжди ці знаряддя відповідають сучасним вимогам [6]. Але потрібно відмітити, що дана стаття є скоріше винятком з ряду цілком нормальних досліджень все ж таки більшість робіт, як правило, присвячено дослідженню якогось одного конструктивного елемента.

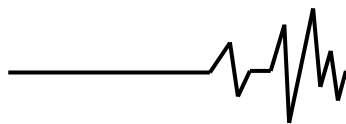
Говорячи про комбайнові технології збирання потрібно відмітити той факт, що в багатьох випадках доводиться проводити повторний обмолот половини. Це знову ж таки пояснюється особливостями цих рослин.

Особливо це стосується люцерни та конюшини при збиранні яких частина бобів не обмолочується і потрапляє після очистки комбайна в половину. Тому навіть використання сучасних зернозбиральних комбайнів з відповідними пристосуваннями вимагає включення стаціонарних елементів. Можливі варіанти компонування комбайнових і стаціонарних елементів уже розглядалися авторами [2,11]. Підсумовуючи результати аналізу останніх досліджень по вирощуванню і збиранню насінників трав, можна відмітити що існує чимало модернізацій комбайнів, спеціальних пристосувань до них, стаціонарних машин та обладнання і, відповідно, значна кількість можливих їх поєднань в реальній технології. На основі проведеного аналізу можна сформулювати мету роботи.

**Мета дослідження** є збільшення виробництва насіння бобових трав шляхом аналізу можливих альтернативних технологій збирання насіння і вибору раціональних варіантів для конкретних агрокліматичних умов і технічних можливостей господарства.

**Основні результати досліджень.** Вище вже відмічалось, що в більшості випадків, збирання насіння бобових трав комбайнами (навіть зі спеціальними пристосуваннями) перевищують агротехнічні вимоги, тому розробляються технології, в яких на стаціонар перенесена обробка всього урожаю або його частини. Ми відносимо ці технології до стаціонарних тому, що мобільні агрегати, які є основним джерелом втрат при комбайнових технологіях, тут замінені на стаціонарно встановлені агрегати

Роботи по вдосконаленню стаціонарних технологій ведуться вже значний час [12] по



трьом основним напрямкам: збирання в полі всього біологічного урожаю і обробка його на стаціонарі; збирання в полі частини урожаю (варіант-збирання шляхом обчисування) і обробка його на стаціонарі; збирання в полі не віяного вороху (варіант-збирання бобів шляхом обмолоту на м'яких режимах) і обробка його на стаціонарі.

Перша технологія забезпечує мінімум втрат насіння. Однак на практиці вона майже не використовується через значні транспортні затрати та труднощі з дозуванням маси при подачі на обмолот. Низька продуктивність сушильного обладнання та молотильних пристроїв викликають необхідність в перевантажувальних операціях. Довгострокове зберігання вологої маси може призвести до її самозігрівання і втрат посівних якостей.

Зберігання подрібненого біологічного урожаю (а ще краще - обчисаної насінневої частини [13]) дозволяє набагато краще використовувати транспортні засоби. Подрібнену або обчисану масу можна подавати на обмолот більш рівномірно і дозовано. При збиранні подрібненої маси польовою машиною навіть при правильному регулюванні подрібнювального апарату наявне підвищення пошкодження насіння.

Обчисувальні машини позбавлені цих недоліків, але втрати насінневої частини дещо перевищують агротехнічні вимоги. Звичайно після них можна пускати машини для підбору бобів (наприклад [12, с.33]), але введення в технологію додаткової операції знижує її економічну ефективність. Але це зниження ефективності нівелюється додатковим збором насіння.

Третя стаціонарна технологія забезпечує значно менші об'єми перевезень, сушіння та обмолот (або витирання) матеріалу рівномірного за розміром та вологістю. Ця технологія передбачає використання, в основному, тільки серійних машин, пристосувань та обладнання.

Особливу складність при комбайнових і стаціонарних технологіях викликає процес

переробки бобів, які виділяються з вороху, обчисуються в полі або збираються в бункер після «м'якого» обмолоту. Їх переробку на стаціонарі здійснюють або спеціальним терковим пристроєм, або відповідним чином підготовленим зернозбиральним комбайном. Використання комбайнів менш ефективно через проблеми з їх завантаженням ворохом, а також необхідністю для повного витирання насіння пропускати матеріал через комбайн два рази.

При аналізі технологій і технічних засобів для їх реалізації враховують багато показників: експлуатаційні та енергозатрати, продуктивність агрегатів, їх металоємкість, якість виконання технологічного процесу тощо. По варіантах технології вони значно відрізняються за окремими показниками, що затрудняє прийняття оптимального рішення при їх порівнянні. Для кращого розуміння переваг і недоліків технології їх порівняння потрібно проводити за комплексними показниками. Автори вже робили аналогічне порівняння для інших технологій і машин [14,15]. В цих роботах докладно викладена методика визначення комплексних показників, тому ми наведемо тільки результат оцінки технологій.

Порівнювали шість найбільш розповсюджених технологій збирання насіння люцерни за наступними окремими показниками: експлуатаційні затрати (грн/га), енергоємність (МДж/га), металоємність (кг/га), втрати урожаю (кг/га). Результати порівняння технологій за двома комплексними показниками наведені в табл. 1

Як видно з Таблиці 1, найкращі результати комплексного порівняння у тих технологій, які переробляють на стаціонарні всю зібрану насінневу масу. Звичайно, ці результати не можуть і не повинні сприйматись як абсолютний вердикт в питанні остаточного вибору найкращих технологій, але показують основний напрямок розвитку шляхів інтенсифікації виробництва насіння трав.

Таблиця 1

Порівняння різних технологій збирання насіння люцерни

N n/n	Технологія збирання	П1	П2
1	Пряме комбайнування	0,40	3,39
2	Роздільне комбайнування	0,45	3,64
3	Обмолот на стаціонарі біомаси	0,47	3,82
4	Обмолот на стаціонарі невіяного вороху	0,51	4,01
5	Обробка на стаціонарі обчисаного насінневого вороху	0,57	4,32
6	Обробка на стаціонарі насінневого вороху після «м'якого» обмолоту	0,61	4,51

Найбільш «вузькими» місцями в стаціонарних технологіях є процеси витирання бобів та сепарація отриманого матеріалу. При комбайнових технологіях найбільша частка насіння втрачається саме через незадовільне

витирання бобів, адже його ступінь не перевищує 70...75%, навіть, при сприятливих умовах роботи. Це є головною причиною перенесення частини операцій на стаціонар.

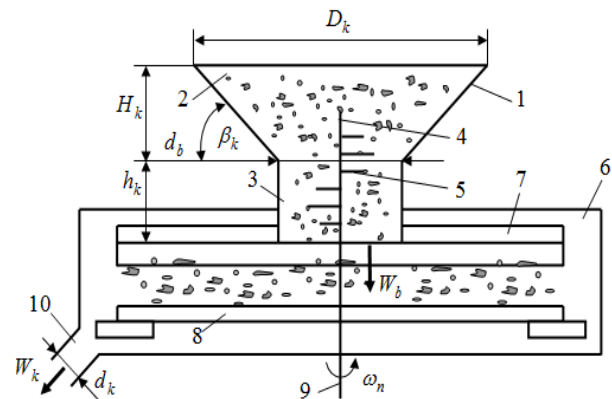


Нечисленні сучасні серійні машини для витирання вороху не забезпечують необхідну якість роботи, мають підвищені вимоги до складу вороху, що викликає зниження ефективності всієї технології.

Питання створення універсального теркового пристрою, який відповідав би всім поставленим вимогам, стоїть вже давно. Такий терковий пристрій повинен працювати в широкому діапазоні зміни фрикційного складу і вологості насіннєвого вороху, бути надійним в експлуатації, забезпечувати потрібну якість роботи, а ще не дуже дорогим і складним у виготовленні. Потрібно ще враховувати обсяги виробництва насіння конкретного господарства, тому про універсальність теркового пристрою можна говорити лише відносно, маючи на увазі певний діапазон їх продуктивності. За останні десятиріччя був проведений значний обсяг робіт по створенню різноманітних конструкцій теркових пристроїв. Тільки за типом робочого органу вони поділяються на наступні: молоткові, барабанні бильні, барабанні штифтові, роторні бильні, роторні лопатеві, шнекові, дискові, шнеково-дискові, вальцьові. Але науковий пошук в цій галузі продовжується.

Авторами була розроблена конструкція теркового пристрою з горизонтальними терковими дисками [16]. Схема теркового пристрою представлена на рис.1. Терковий пристрій включає корпус 6, у якому встановлено бункер 1, який має завантажувальну горловину 2 і завантажувальний отвір 3. У просторі бункера встановлено пальцевий активатор 4, який має планки 5. Активатор посаджено на верхню частину вала 9, а на нижньої частини вала

посаджено рухомий терковий диск 8. У корпусі встановлено нерухомий диск 7, який має стакан, отвір якого є продовженням завантажувальної

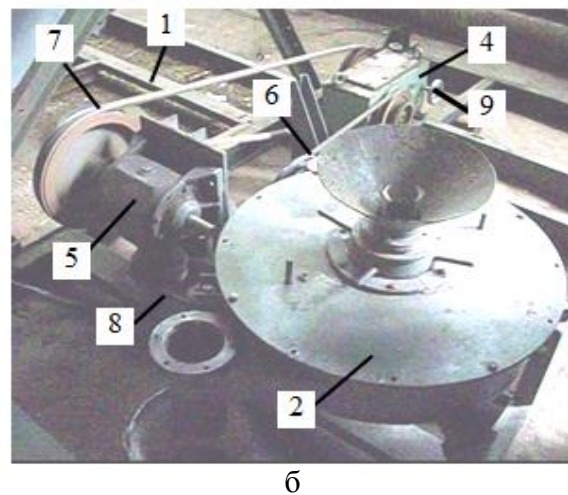
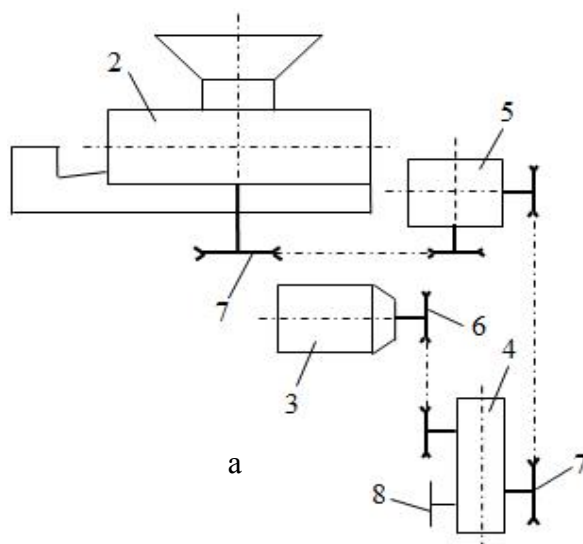


горловини.

**Рис.1** Схема теркового пристрою:

1 – бункер; 2 – завантажувальна горловина; 3 – завантажувальний отвір; 4 – активатор; 5 – планка; 6 – корпус; 7, 8 – нерухомий і рухомий диск; 9 – приводний вал; 10 – вихідний канал

Стакан виконано у вигляді пустотілого циліндра, на зовнішню сторону якого накручено різьбову втулку. До нижньої поверхні нерухомого диска закріплено біла, які встановлено на диску радіально у вигляді променів. Біла виконано у вигляді рифів, які мають насічку. В проміжках між білами концентрично до осі диска розміщено кільцеві виступи. У нижній частині корпусу розміщено вихідний канал 10.



**Рис. 2.** Конструктивна схема (а) та загальний вигляд (б) лабораторної установки:

1 – рама; 2 – терковий пристрій; 3 – електродвигун; 4 – варіатор обертів; 5 – редуктор конічний; 6, 7, 8 – передача клинопасова; 9 – рукоятка





Для отримання нових наукових даних про фізичний процес витирання насіння з бобів та вивчення закономірностей, які при цьому відбуваються, на лабораторній установці, конструктивна схема та загальний вигляд якої представлений на рис.2, були проведені експериментальні дослідження.

Програма експериментів передбачала, в тому числі, одержання регресійних залежностей, які характеризують зміну маси витертого насіння, ступінь витирання насіння з

вороху та продуктивність роботи теркового пристрою залежно від технологічних параметрів процесу та конструкційно-кінематичних параметрів робочих органів і конструктивного виконання нерухомого диска теркового пристрою. Лабораторно-експериментальні дослідження проводились з нерухомими дисками чотирьох видів. Варіанти виконання нерухомих дисків представлені на рис.3.

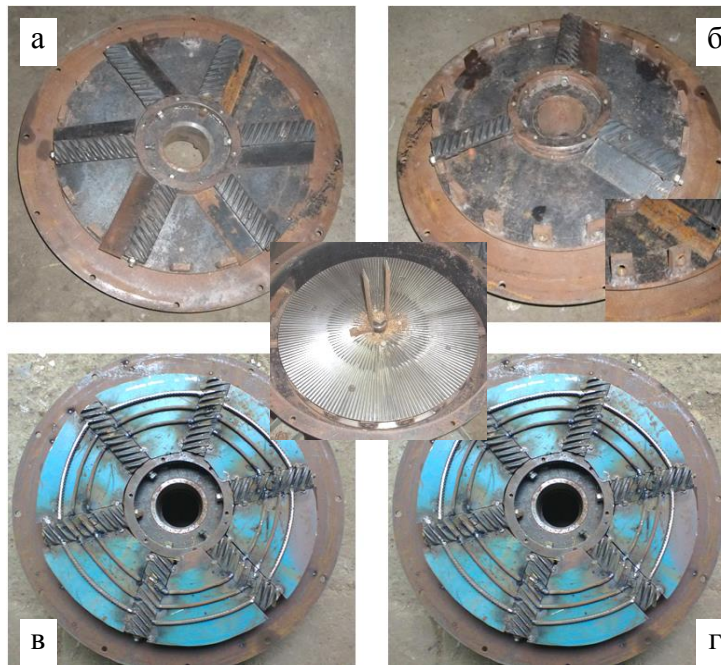


Рис. 3 Варіанти виконання нерухомого диска теркового пристрою

Варіанти: а – диск із закріпленими на ньому шістьма білами та плоскими пластинами, які встановлено у просторі між білами, б - диск із закріпленими на ньому трьома білами та плоскими пластинами, які встановлено у просторі між білами, в - диск із закріпленими на ньому шістьма білами між якими по колу діаметром 200, 250 і 300 мм закріплені кільцеві вставки з прутка діаметром 8 мм; г - диск із закріпленими на ньому шістьма білами між якими по колу діаметром 200, 250 і 300 мм закріплені кільцеві вставки з прутка діаметром 6 мм.

Проведені дослідження показали що найкращі результати процесу витирання (максимальна ступінь витирання насіння) були при варіанті г виконання нерухомого диска. Цей висновок зроблений після аналізу поверхонь відгуку зміни ступеня витирання від конструкції нерухомого диска та кількості проходів технологічної маси, які представлені на рис. 4

Апроксимуюча функція, тобто характер зміни ступеня витирання насіння з вороху люцерни представлена у вигляді математичної моделі повного квадратного полінома:

$$P_4^{(21)} = 0,74 + 0,006n + 4,9k - 0,02nk + 1,4 \cdot 10^{-5}n^2 - 0,28k^2 \quad (1)$$

де n-частота обертання рухомого диска, об/хв;

k-кратність процесу витирання.

Індекс 21 означає вологість технологічної маси, а індекс 4-варіанти виконання нерухомого диска (варіант г на рис.3).

Проведені експериментальні дослідження дозволили визначити раціональні

параметри процесу витирання: для продуктивності теркового пристрою 0,8...6,6 кг/хв, діаметр дисків повинен бути в межах 0,5...0,6 м, частота обертання рухомого диска 700...900 об/хв, діаметр отвору завантажувального каналу бункера 0,11...0,15 м, коефіцієнт заповнення внутрішнього простору робочого русла 0,5...0,7.

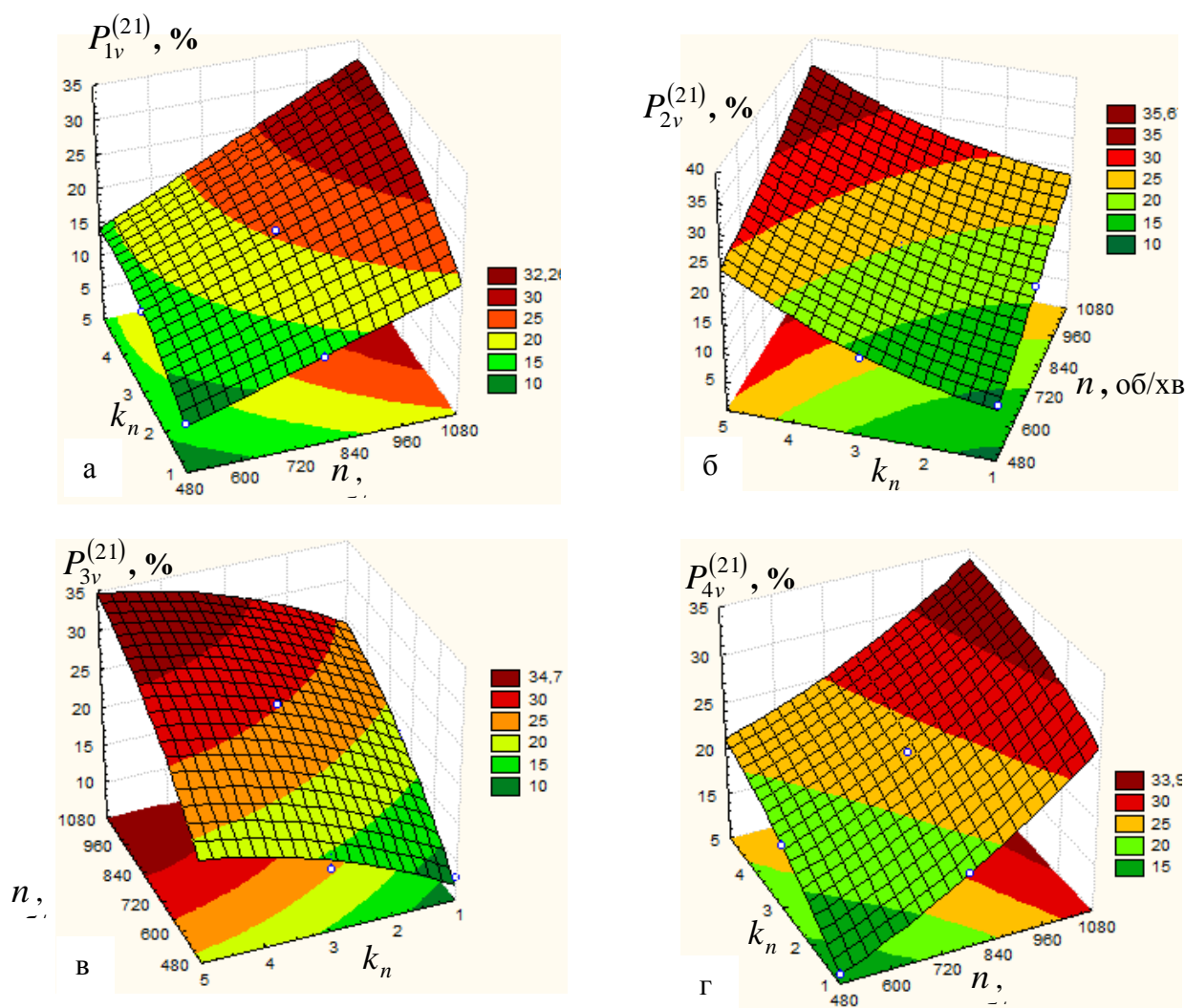
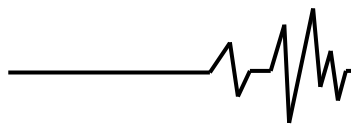
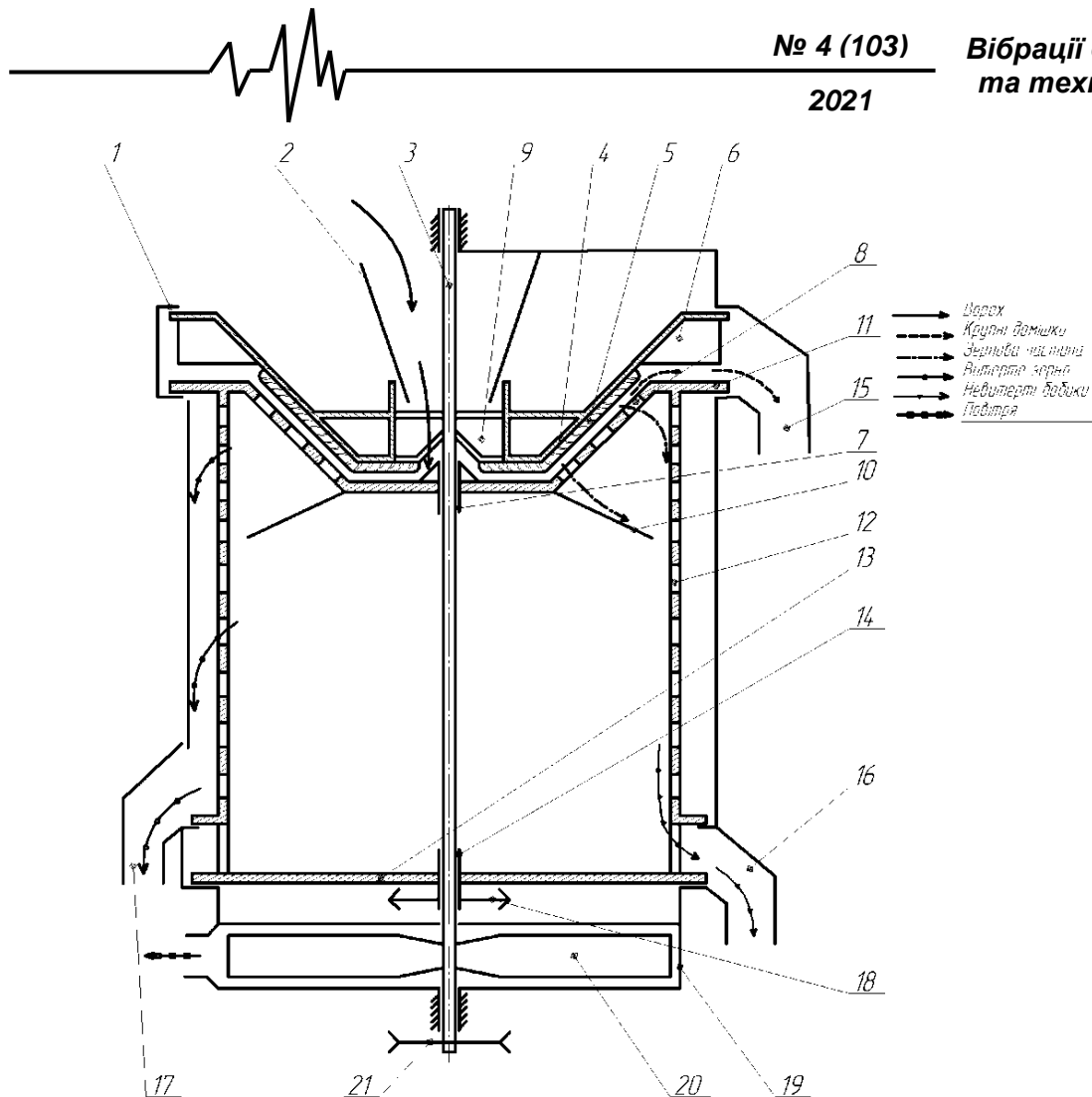


Рис.4 Поверхні відгуку зміни ступеня витирання насіння  $P = f_p(n; k_n)$  від кількості проходів технологічної маси вологістю  $W=21\%$  та частоти обертання рухомого диска для різних варіантів виконання нерухомого диска.

Одним з шляхів інтенсифікації процесу виробництва насіння бобових трав є поєднання технологічних процесів витирання та сепарації в одній машині. Аналіз різноманітних сепаруючих пристроїв показав, що найкраще для цього підходять машини з обертовим решетом циліндричної або конічної форми. Таке поєднання було реалізовано в терково-сепаруючому пристрої [17] технологічна схема якого представлена на рис. 5.

Лабораторні дослідження терково-сепаруючого пристрою такої конструкції

показали один з її головних недоліків – недостатньо ефективного використання поверхні решета. При такій конструкції більшість насіння видаляється на верхній частині решета залишаючи нижній фрагмент недовантаженим. Підвищити рівномірність навантаження на сепаруючу поверхню можливо замінивши циліндричне решето на конусне із зменшенням радіуса конуса в напрямку руху матеріалу [18].

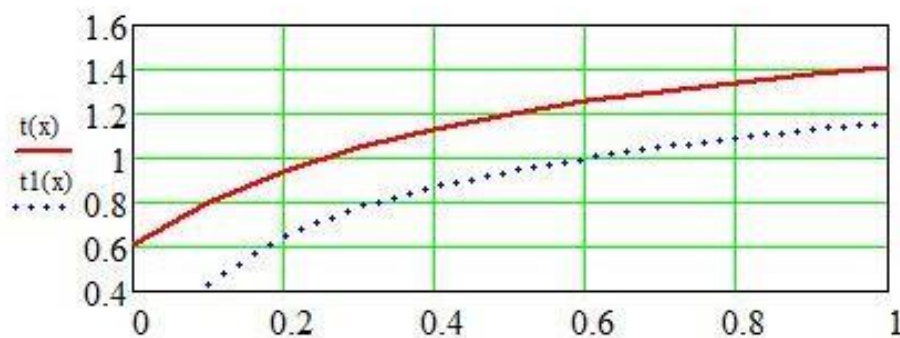


**Рис. 5. Технологічна схема терково-сепаруючого пристрою**

1 – кожух; 2 – завантажувальна воронка; 3 – вал; 4 – конічний барабан; 5 – била; 6 – лопатки; 7 – підшипник; 8 – дека; 9 – скребки; 10 – конус розсіювання; 11 – кільце; 12 – ротаційне решето; 13 – диск; 14 – підшипникова опора; 15 – канал для відводу солом'яної частини вороху; 16 – канал для відводу не витертого із бобів зерна; 17 – канал для відводу очищеного насіння; 18 – автономний привід; 19 – вентилятор; 20 – лопаті; 21 – привід.

В результаті теоретичних досліджень отримані вирази для визначення часу перебування частинки матеріалу на решеті в залежності від геометричних параметрів сепаратора, фізико-механічних властивостей

матеріалу та режимних параметрів процесу для циліндричного та конусного решета. Результати чисельного експерименту для одного з можливих варіантів сепараторів представлений на рис.6.



**Рис.6 Залежність часу перебування частинки на циліндричному решеті від довжини твірної**

На рис.6 пунктиром показаний час перебування частинки на циліндричному решеті, суцільною лінією – на конусному. Продовження часу перебування матеріалу на



решеті шляхом застосування конічної поверхні збільшує вихід чистого насіння, а також сприяє рівномірному завантаженню поверхні решета, що покращує якість вихідного матеріалу

Підводячи підсумок викладеному матеріалу можна зробити наступні висновки.

#### Висновки.

1. Інтенсифікація виробництва насіння кормових, особливо бобових трав, стримується недосконалістю сучасних засобів збирання насіння. Всі зусилля в галузі збирання потрібно поставити на зменшення втрат при збиранні насіння.

2. Аналіз літературних джерел та власний досвід авторів дозволяє стверджувати, що основним шляхом зменшення втрат насіння при збиранні є обробка на стаціонарі насінневої частини урожаю. Найбільш перспективними, на думку авторів, в цьому відношенні є технології зі збирання насінневої частини шляхом обчисування та обмолот маси на «м'якому» режимі для отримання в бункері комбайна вороху з необмолоченими бобами.

3. Найбільш відповідальними операціями при обробці насінневого вороху на стаціонарі є витирання та сепарація. Для реалізації процесу витирання можна рекомендувати теркові установки оригінальної конструкції аналогічно описаній в даній статті.

4. Значним ефектом інтенсифікації при обробці насінневого вороху трав на стаціонарі авторам видається суміщення операцій витирання та сепарації в одній машині. Проведені теоретичні та експериментальні дослідження показують перспективність такого напрямку.

#### Список використаних джерел

1. Спірін А.В., Твердохліб І.В. Системний підхід до дослідження технологій збирання насінників люцерни. *Молодь і технічний прогрес в АПК*: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Вінниця, 2019. С. 226-227.

2. Твердохліб І.В. Підвищення ефективності збирання насінників трав. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2017. №2 (6). С. 158-163.

3. Рудницький Б.О., Спірін А.В., Мамалига В.С. Агроекологічні аспекти ведення насінництва кормових трав та головні напрями безпеки праці при цьому. *Збірник наукових праць ВНАУ*. 2011. №9 (49). С. 186-196.

4. Антонів С.Ф., Рудницький Б.О. Особливості технології вирощування насіння нових та перспективних сортів бобових трав в умовах лісостепу України. *Сільське господарство та лісівництво*. 2017. №7(49). С. 70-76

5. Nikolaj Perepravo, Vladimir Zolotarev, Aleksej Sevcov, Juriy Ahlamov, Sergey Otrsko, Nikolaj Sarikov, Vladimir Kosolapov, Andrej Marczuk, Jacek Caban, Improvement let harvesting methods of perennial seed grass. *Agricultural Engineering*. 2016. Vol. 20, №4. P. 167-173.

6. Молотков Л.Н., Ратманов М.В. Технологии уборки семенников многолетних трав. *Импортозамени технологии выращивания, зберігання і переробки продукції садівництва та рослинництва*: Матеріали IV міжнародної науково-практичної конференції. Умань: Видавець «Сачінський М.М.». 2018. С. 63-64.

7. Ламакин С.Г., Ратманов В.Е., Гусев А.П. Уборка семенников клевера с использованием зерноуборочных комбайнов. *Вестник ФГОУ ВПО МГАУ*. 2012. №1. С. 30-33.

8. Борисова М.Л., Дианов Л.В. Пути снижения потерь семенной массы полевых культур при комбайновой уборке. *Вестник АПК Верхневолжья*. 2015 №3(31). С. 85-88.

9. Анеляк М.М., Твердохліб І.В., Спірін А.В., Кузьмич А.Я., Кустов С.О. Основні підходи до обґрунтування технологічних рішень процесу обмолоту, витирання та сепарації насіння бобових трав. *Промислова гідраліка та пневматика*. 2012. №1(35). С. 15-18.

10. Шейченко В.О., Анеляк М.М., Кузьмич А.Я., Барановський В.М., Інтенсифікація процесу збирання насіння багаторічних трав. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2016. №2 (94). С. 29-33.

11. Спірін А.В., Твердохліб І.В. Перспективна технологія збирання насінників трав. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2016. №1 (93). С. 25-27

12. Типовые технологии уборки трав на семена с обработкой урожая на стационарном пункте/ Под ред. Э.В. Жалнина. Москва: 1985. 47с.

13. Соломка О.В. Обґрунтування технологічного процесу збирання насіння люцерни методом обчисування: монографія. Київ: НУБІП України. 2017. 147 с.

14. О. Цуркан, А. Спірін, О. Герасимов, І. Ковальова. Визначення конкурентоспроможності вібраційної сушарки Ф-КВС для фільтраційно-конвективного сушіння гарбузового насіння. *Техніка і технології АПК*. 2011. №1 (16). С. 24-28.

15. Спірін А.В., Іванов М.І., Ковальова І.М., Гунько А.С. Оцінка на конкурентоспроможність дослідного зразка до очисника гички цукрового буряка із двокоординатним приводом. *Збірник наукових праць ВНАУ. Серія: Технічні науки*. 2013. №2 (79). С. 69-76



16. Tverdokhlib I.V., Spirin A.V. Theoretical studies on the working capacity of disk devices for grinding agricultural crop seeds *Inmateh. Agricultural Engineering. Bucharest : National Institute of research-development for machines and installations designed to Agriculture and food industry.* 2016. Vol. 48. No.1 P. 43–52.

17. Молотильно-сепаруочий пристрій : Пат № 101449 Україна. МПК А01F 11/00, А01F 7/00. заявл. 27.01.2012 ; опубл. 25.03.2013. Бюл. № 6.

18. Спирін А.В., Твердохліб І.В., Замрій М.А. Визначення режиму функціонування відцентрово-гравітаційного сепаратора теркового пристрою. *Вібрації в техніці та технологіях.* 2021. №3 (102). С.64-71.

### Список джерел у транслітерації

1. Spirin A.V., Tverdokhlib I.V. (2019). Systemnyi pidkhd do doslidzhennia tekhnologii zbyrannia nasinnykiv liutserny. *Molod i tekhnichniy prohres v APK: materialy Mizhnarodnoi naukovopraktychnoi konferentsii.* Vinnytsia. 226-227. [in Ukrainian].

2. Tverdokhlib I.V. (2017). Pidvyshchennia efektyvnosti zbyrannia nasinnykiv trav. *Visnyk mashynobuduvannia ta transportu.* Vinnytsia. №2 (6). 158-163. [in Ukrainian].

3. Rudnytskyi B.O., Spirin A.V., Mamalyha V.S. (2011). Ahroekolohichni aspekty vedennia nasinnytstva kormovykh trav ta holovni napriamy bezpeky pratsi pry tsomu. *Zbirnyk naukovykh prats VNAU.* №9 (49). 186-196. [in Ukrainian].

4. Antoniv S.F., Rudnytskyi B.O. (2017) Osoblyvosti tekhnologii vyroshchuvannia nasinnia novykh ta perspektyvnykh sortiv bobovykh trav v umovakh lisostepu Ukrainy. *Sil'ske hospodarstvo ta lisivnytstvo.* №7(49). 70-76. [in Ukrainian].

5. Nikolaj Perepravo, Vladimir Zolotarev, Aleksej Sevcov, Juriy Ahlamov, Sergey Otrasko, Nikolaj Sarikov, Vladimir Kosolapov, Andrej Marczuk, Jacek Caban, (2016). Improvement let harvesting methods of perennial seed grass. *Agricultural Engineering.* Vol. 20, №4. 167-173. [in Rumyniia].

6. Molotkov L.N., Ratmanov M.V. (2018). Tekhnolohy uborky semennykov mnoholetnykh trav. Importozaminy tekhnologii vyroshchuvannia, zberihannia i pererobky produktsii sadivnytstva ta roslynnytstva: *Materialy IV mizhnarodnoi naukovopraktychnoi konferentsii. Uman: Vydavets «Sachynskyi M.M.».* 63-64. [in Ukrainian].

7. Lamakyn S.H., Ratmanov V.E., Husev A.P. (2012). Uborka semennykov klevera s yspolzovanyem zernoborochnukh kombainov. *Vestnyk FHOU VPO MHAU.* №1. 30-33. [in Russian].

8. Borysova M.L., Dyanov L.V. (2015). Puty snyzhenyia poter semennoi massu polevukh kultur pry kombainovoi uborke. *Vestnyk APK Verkhnevolyha.* №3(31). 85-88. [in Russian].

9. Aneliak M.M., Tverdokhlib I.V., Spirin A.V., Kuzmych A.Ia., Kustov S.O. (2012). Osnovni pidkhody do obgruntuvannia tekhnolohichnykh rishen protsesu obmolotu, vytyrannia ta separatsii nasinnia bobovykh trav. *Promyslova hidravlika ta pnevmatyka.* №1(35). 15-18. [in Ukrainian].

10. Sheichenko V.O., Aneliak M.M., Kuzmych A.Ia., Baranovskyi V.M., (2016). Intensyfikatsiia protsesu zbyrannia nasinnia bahatorichnykh trav. *Tekhnika, enerhetyka, transport APK.* №2 (94). 29-33. [in Ukrainian].

11. Spirin A.V., Tverdokhlib I.V. (2016). Perspektyvna tekhnolohiia zbyrannia nasinnykiv trav. *Tekhnika, enerhetyka, transport APK.* №1 (93), 25-27 [in Ukrainian].

12. Э.В. Zhalnyna. (1985). Tipovue tekhnolohy uborky trav na semena s obrabotkoi urozhaiia na statsyonarnom punkte . *Moskva.*: 47. [in Russian].

13. Solomka O.V. (2017). Obgruntuvannia tekhnolohichnoho protsesu zbyrannia nasinnia liutserny metodom obchisuvannia: *monohrafiia.* Kyiv: NUBIP Ukrainy. 147 s. [in Ukrainian].

14. O. Tsurkan, A. Spirin, O. Herasymov, I. Kovalova. (2011). Vyznachennia konkurentospromozhnosti vibratsiinoi susharki F-KVS dlia filtratsiino-konvektyvnoho sushinnia harbuзового nasinnia. *Tekhnika i tekhnologii APK.* 2011. №1 (16). S. 24-28. [in Ukrainian].

15. Spirin A.V., Ivanov M.I., Kovalova I.M., Hunko A.S. (2013). Otsinka na konkurentospromozhnist doslidnoho zrazka do ochysnyka hychky tsukrovoho buriaka iz dvokoordynatnym pryvodom. *Zbirnyk naukovykh prats VNAU. Seriya: Tekhnichni nauky.* №2 (79). 69-76. [in Ukrainian].

16. Tverdokhlib I.V., Spirin A.V. (2016). Theoretical studies on the working capacity of disk devices for grinding agricultural crop seeds *Inmateh. Agricultural Engineering. Bucharest : National Institute of research-development for machines and installations designed to Agriculture and food industry.* Vol. 48. No.1 P. 43–52. [in Rumyniia]

17. Molotylnoseparuochyi prystrii (2013): Pat № 101449 Ukraina. МПК А01F 11/00, А01F 7/00. zaiavl. 27.01.2012 ; opubl. 25.03. Biul. № 6. [in Ukrainian].

18. Spirin A.V., Tverdokhlib I.V., Zamrii M.A. (2021). Vyznachennia rezhymu funktsionuvannia vidtsentrovoghravitatsiinoho separatora terkovogo prystroi. *Vibratsii v tekhnitsi ta tekhnolohiakh.* №3 (102). 64-71. [in Ukrainian].



## WAYS OF INTENSIFICATION OF PRODUCTION HERB SEEDS

The main reason holding back the development of seed production is the agro-technical and physical-technical features of plants and, in fact, seeds. There are no special combines for harvesting grass seeds yet, so it is recommended to use serial combine harvesters equipped with special devices to harvest them. The main directions of improving the process of seed heap treatment on stationary is the intensification of the process of primary cleaning of seeds and their wiping from beans, which provides an opportunity to increase the productivity of the technological line and reduce the complexity of the process. The paper compared the six most common technologies for harvesting alfalfa seeds by the following individual indicators: operating costs (UAH / ha), energy consumption (MJ / ha), metal consumption (kg / ha), crop losses (kg / ha). The best results of complex comparison are in those technologies that process all collected seed mass into stationary ones.

The authors developed the design of a grater device with horizontal grater discs. To obtain new scientific data on the physical process of wiping seeds from beans and to study the patterns that occur, experimental studies were conducted that allowed to obtain rational design and technological parameters of the wiping process. One of the ways to intensify the process of production of legume seeds is a combination of technological processes of wiping and separation in one machine. Analysis of various separating devices showed that machines with a rotating sieve of cylindrical or conical shape are best suited for this purpose. Extending the residence time of the material on the sieve by applying a conical surface increases the yield of pure seeds, and also contributes to the uniform loading of the sieve surface, which improves the quality of the source material.

**Key words:** alfalfa, clover, seeds, harvesting technology, grater, wiping, separation.

## ПУТИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА СЕМЯН ТРАВ

Основной сдерживающей развитие семеноводства причиной является агротехнические и физико-технические

особенности растений и собственно семян. Специальных комбайнов для уборки семян трав пока не существует, и поэтому рекомендуется для их уборки использовать серийные зерноуборочные комбайны, оборудованные специальными приспособлениями. Основными направлениями усовершенствования процесса обработки семенного вороха на стационарах является интенсификация процесса первичной очистки семян и их вытирание из бобов, что позволяет повысить производительность технологической линии и уменьшить трудоемкость процесса. В работе сравнивали шесть наиболее распространенных технологий уборки семян люцерны по следующим отделимым показателям: эксплуатационные затраты (грн/га), энергоёмкость (МДж/га), металлоёмкость (кг/га), потери урожая (кг/га). Лучшие результаты комплексного сравнения у тех технологий, которые перерабатывают в стационаре всю собранную семенную массу.

Авторами была разработана конструкция терочного устройства с горизонтальными терочными дисками. Для получения новых научных данных о физическом процессе вытирания семян из бобов и изучении при этом происходящих закономерностей были проведены экспериментальные исследования, которые позволили получить рациональные конструктивные и технологические параметры процесса вытирания. Одним из путей интенсификации процесса производства семян бобовых трав является соединение технологических процессов вытирания и сепарации в одной машине. Анализ различных сепарирующих устройств показал, что лучше всего для этого подходит машины с вращающимся решетом цилиндрической или конической формы. Продолжение времени нахождения материала на решетке путем применения конической поверхности увеличивает выход чистых семян, а также способствует равномерной загрузке поверхности решета, что улучшает качество исходного материала.

**Ключевые слова:** люцерна, клевер, семена, технология уборки, терочное устройство, вытирание, сепарация.

## Відомості про авторів

**Спірін Анатолій Володимирович** – кандидат технічних наук, доцент викладач відокремленого структурного підрозділу «Ладижинський фаховий коледж Вінницького національного аграрного університету», e-mail: [spirinanatoly16@gmail.com](mailto:spirinanatoly16@gmail.com).



**Спирин Анатолій Владимирович** - кандидат технічних наук, доцент, преподаватель обособленного структурного подразделения «Ладыженский профессиональный колледж Винницкого национального аграрного университета» (ул. Кравчика Петра, 5, г. Ладыжин, Винницкая обл., Украина, 24321, e-mail: [spirinanatoly16@gmail.com](mailto:spirinanatoly16@gmail.com)).

**Spirin Anatoly** - candidate of technical sciences, associate professor, teacher of Separate structural subdivision «Ladyzhyn vocational college of Vinnytsia National Agrarian University» (Kravchik Petro St., 5, Ladyzhyn, Vinnytsia Region, Ukraine, 24321, e-mail: [spirinanatoly16@gmail.com](mailto:spirinanatoly16@gmail.com)).

**Цуркан Олег Васильович** – доктор технічних наук, доцент, директор відокремленого структурного підрозділу «Ладижинський фаховий коледж Вінницького національного аграрного університету» (вул. Кравчика Петра, 5, м. Ладижин, Вінницька обл., Україна, 24321, e-mail: [tsurkan\\_ov76@ukr.net](mailto:tsurkan_ov76@ukr.net)).

**Цуркан Олег Васильевич** – доктор технических наук, доцент, директор обособленного структурного подразделения «Ладыженский профессиональный колледж Винницкого национального аграрного университета» (ул. Кравчика Петра, 5, г. Ладыжин, Винницкая обл., Украина, 24321, e-mail: [tsurkan\\_ov76@ukr.net](mailto:tsurkan_ov76@ukr.net)).

**Tsurkan Oleh** – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Director of Separate structural subdivision «Ladyzhyn vocational college of Vinnytsia National Agrarian University» (Kravchik Petro St., 5, Ladyzhyn, Vinnytsia Region, Ukraine, 24321, e-mail: [tsurkan\\_ov76@ukr.net](mailto:tsurkan_ov76@ukr.net)).

**Твердохліб Ігор Вікторович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри загальнотехнічних дисциплін та охорони праці Вінницького національного аграрного університету: м. Вінниця, вул. Сонячна 3, ВНАУ, 21008, e-mail: [igor\\_tverdokhlib@yahoo.com](mailto:igor_tverdokhlib@yahoo.com).

**Твердохлеб Игорь Викторович** – кандидат технических наук, доцент кафедры общетехнических дисциплин и охраны труда Винницкого национального аграрного университета: г. Винница, ул. Солнечная 3, ВНАУ, 21008, e-mail: [igor\\_tverdokhlib@yahoo.com](mailto:igor_tverdokhlib@yahoo.com).

**Tverdokhlib Igor** – candidate of technical sciences, associate professor of the department of general technical disciplines and occupational safety, Vinnytsia National Agrarian University: Vinnytsia, st. Sonyachna 3, VNAU, 21008, e-mail: [igor\\_tverdokhlib@yahoo.com](mailto:igor_tverdokhlib@yahoo.com).

**Омельянов Олег Миколайович** – асистент кафедри загальнотехнічних дисциплін та охорони праці Вінницького національного аграрного університету. (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: [omomelyanov@gmail.com](mailto:omomelyanov@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-0441-6586>).

**Омельянов Олег Николаевич** – асистент кафедры общетехнических дисциплин и охраны труда Винницкого национального аграрного университета. ( ул. Солнечная 3, г. Винница, 21008, Украина e-mail: [omomelyanov@gmail.com](mailto:omomelyanov@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-0441-6586>).

**Omelyanov Oleg Mykolaovich** – assistant of the department of general technical disciplines and occupational safety, Vinnytsia National Agrarian University: Vinnytsia, st. Sonyachna 3, VNAU, 21008, Ukraine, e-mail: [omomelyanov@gmail.com](mailto:omomelyanov@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-0441-6586>