

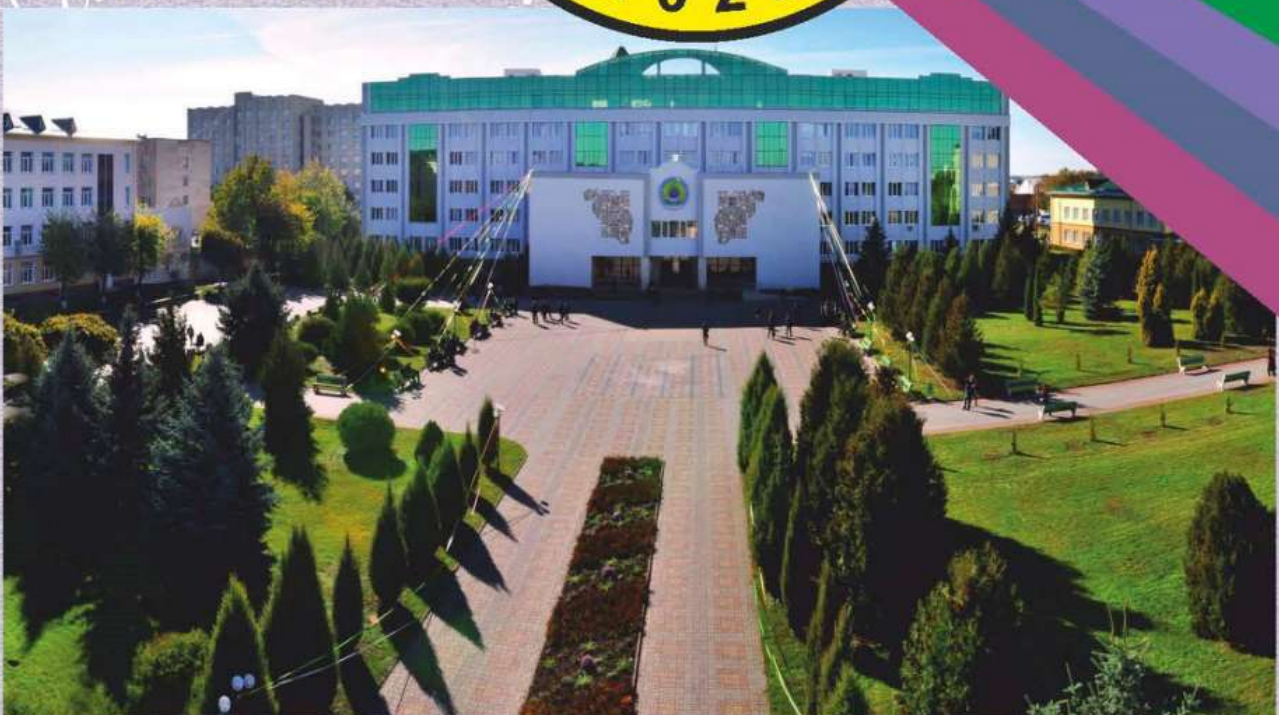
Всеукраїнський науково-технічний журнал

Ukrainian Scientific & Technical Journal

ISSN 2306-8744

DOI: 10.37128/2306-8744-2022-3

Вібрації в техніці та технологіях

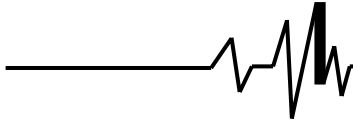


Всеукраїнський науково-технічний журнал
Ukrainian Scientific & Technical Journal

Вібрації в техніці та технологіях

№ 3 (106)

Вінниця 2022

**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,
2022. – 3 (106) – 87 с.*

*Друкується за рішенням Вченої ради Вінницького національного аграрного
університету (протокол № 6 від 23.12.2022 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

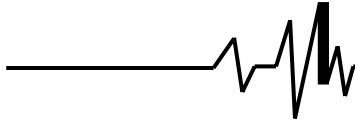
Максімов Джордан Тодоров – д.т.н., проф., Технічний Університет Габрово (Болгарія)

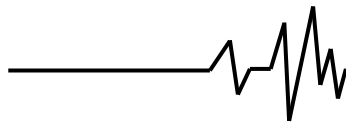
Технічний редактор **Мельничук С.В.**

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

**З М І С Т****1. ТЕОРІЯ ПРОЦЕСІВ ТА МАШИН***Калетнік Г.М., Яропуд В.М.***РЕЗУЛЬТАТИ ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ГЕОМЕТРИЧНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ У ВЕНТИЛЯЦІЙНІЙ СИСТЕМІ ТВАРИНИЦЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ5***Севостьянов І.В.***РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ВІБРОСУШАРКИ ДЛЯ ПЕРЕРОБЛЕННЯ ВОЛОГИХ ДИСПЕРНИХ ВІДХОДІВ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ13***Котов Б.І., Степаненко С.П., Грушецький С.М., Грищенко В.О.***МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ СЕПАРАЦІЇ ЗЕРНА ЗА ГУСТИНОЮ В КОМБІНОВАНОМУ ВІБРОПНЕВМАТИЧНОМУ ТА ПОВІТРЯНО-ГРАВІТАЦІЙНОМУ АГРЕГАТІ22***Коруняк П.С., Шеремета Р.Б., Швець О.П., Березовецький С.А.***ВЕНТИЛЯЦІЙНИЙ ВІБРАЦІЙНИЙ ПЕРЕСУВНИЙ ПРИСТРІЙ29***Швець О.П., Коруняк П.С., Баранович С.М., Березовецький С.А.***ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ВІБРАЦІЙНОГО СЕПАРАТОРА36***Остапенко Ж.І.***МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЕКСТРАГУВАННЯ В АКУСТИЧНОМУ ЕКСТРАКТІ44****2. МАШИНОБУДУВАННЯ ТА МАТЕРІАЛООБРОБКА***Веселовська Н.Р., Богатюк.***ВПЛИВ ЛЕГУЮЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ НА ЕЛЕКТРОПРОВІДНІСТЬ ТА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ НЕЩОДАВНО ВИГОТОВЛЕНИХ СПЛАВІВ НА ОСНОВІ АL, ОТРИМАНИХ ТРАДИЦІЙНИМ ПРОЦЕСОМ ЛИТТЯ49***Шаргородський С.А., Руткевич В.С., Ящук Є.О.***МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ГІДРОПРИВОДА ПЕРЕВЕДЕННЯ ШИРОКОЗАХВАТНОГО СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО АГРЕГАТУ ІЗ ТРАНСПОРТНОГО ПОЛОЖЕННЯ У РОБОЧЕ54***Гайдамак О.Л., Кучеренко Ю.С.***ДОСЛІДЖЕННЯ ТА МОДЕРНІЗАЦІЯ ГАЗОДИНАМІЧНОГО НАПИЛЮВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ПОЛІМЕРНИХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОКРИТТІВ64***Солона О.В., Мельник О.С.***МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН В ЗАКРИТОМУ ҐРУНТІ72****3. ПЕРЕРОБНІ ТА ХАРЧОВІ ВИРОБНИЦТВА***Солона О.В., Замрій М.А.***ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СУШАРКИ НАСІННИКІВ ТРАВ78**

**Солоня О.В.**

к.т.н., доцент

Замрій М.А.

аспірант

**Вінницький національний
аграрний університет****Solona O.**

Ph.D., Associate Professor

Zamrii M.

postgraduate student

**Vinnitsia National Agrarian
University****УДК 631.362.7****DOI: 10.37128/2306-8744-2022-3-11****ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ
СУШІННЯ НАСІННИКІВ ТРАВ**

Сучасний незадовільний стан тваринництва в Україні багато в чому залежить від нестачі високопоживних кормів, особливо з бобових трав. В свою чергу, нестача таких кормів пов'язаний з недостатньою кількістю високопродуктивного насіння. Всі дослідження направлені на збільшення виробництва насіння трав є актуальні і потребують першочергового вирішення.

Дефіцит високопродуктивного насіння бобових трав пояснюється декількома причинами. Це і агротехнічні та фізико-механічні властивості як самого насіння, так і складових пожнивної суміші, погодні умови при яких проводиться збирання тощо. Значною мірою кількість та якість насіння залежить від умов і результатів збирання насінників.

В зв'язку з цим, розробка нових засобів для проведення процесу сушіння пожнивної суміші трав і дослідження впливу їх конструкційно-технологічних параметрів для підвищення енергетичних та якісних показників технологічного процесу роботи сушального обладнання є важливим завданням.

Аналіз технологій збирання насінників бобових трав свідчить що практично всі способи збирання потребують додаткового обробитку пожнивної маси на стаціонарі. Саме завдяки доведенню пожнивної суміші до відповідних кондицій, особливо по її вологості, можна суттєво зменшити польові втрати урожаю насіння.

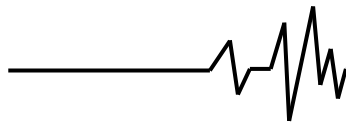
Проведений аналіз сушарок сільськогосподарського призначення з точки зору придатності для сушіння пожнивної суміші. Для реалізації процесу сушіння даного матеріалу найбільш придатними є сушарки з нерухомим шаром. Адже застосування більшості типів сушарок неможливе через специфічні особливості матеріалу.

Запропоновано схему лабораторної установки для експериментального визначення конструктивних та режимних параметрів процесу сушки. Лабораторна установка дозволяє адекватно моделювати процес сушіння товстого шару пожнивної суміші з можливістю реверсивної подачі сушального агента.

Ключові слова: насіння бобових трав, технологія збирання, сушарка, сушальний агент, нерухомий шар, реверсивна подача.

Вступ. Основою нормального функціонування і розвитку тваринництва є забезпечення його поживними і збалансованими кормами. В Концепції розвитку кормовиробництва в Україні [1] на період до 2025 року відзначається, що в значній мірі дефіцит повноцінних кормів пов'язаний з недостатньою кількістю високопродуктивного насіння, особливо бобових трав. Наприклад, при потенційній можливості сучасних сортів люцерни 5-6 ц/га в більшості господарств він рідко перевищує 2 ц/га. 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, наприклад, вологість насіння конюшини знаходиться в межах 12...35%. Ще одна особливість фізико-механічного характеру – незначна масова частка насіння в



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

Існує чимало модернізацій комбайнів, спеціальних пристосувань до них, стаціонарних машин та обладнання і, відповідно, значна кількість можливих їх поєднань в реальні технології. Але всі вони мають одну особливість – для забезпечення мінімальних втрат насіння при збиранні насіннєвий суржик потрібно обов'язково досушувати. А вже ефективне проведення основної технологічної операції при збиранні насіння трав – обмолоту або витирання насіннєвого суржику можливо при його вологості 19-21%. А з поля ця суміш компонентів з різними фізико-механічними характеристиками поступає зі значно більшою вологістю. Виникає нагальна потреба в доведенні вологості суржику до необхідних раціональних параметрів для проведення наступної технологічної операції витирання.

Наразі не все існуюче сушильне обладнання можна використовувати для ефективного проведення процесу сушіння насіннєвого суржику. Зокрема, найбільш розповсюджені шахтні, барабанні, конвеєрні сушарки не забезпечують проведення процесу

сушіння насіннєвої суміші з прийнятними для виробника енергозатратами і необхідною якістю готового продукту.

В зв'язку з цим, розроблення нових засобів для проведення процесу сушіння поживної суміші трав і дослідження впливу їх конструкційно-технологічних параметрів для підвищення енергетичних та якісних показників технологічного процесу роботи сушильного обладнання є важливою народногосподарською задачею.

Задачею даного дослідження є аналіз можливих засобів реалізації поставленої задачі, а саме досушування поживної суміші бобових трав.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні технології збирання насіння люцерни можна об'єднати в дві основні групи: збирання з обмолотом та сепарацією насіння в полі і збирання з наступним обробітком урожаю на стаціонарному пункті (рис. 1). В кожному конкретному випадку спосіб збирання насіння визначається природно-кліматичними умовами та наявністю відповідної збиральної техніки. При виборі способу збирання слід керуватись необхідністю забезпечення максимального збору вирощеного урожаю насіння при мінімальних затратах праці та паливно-мастильних матеріалів.

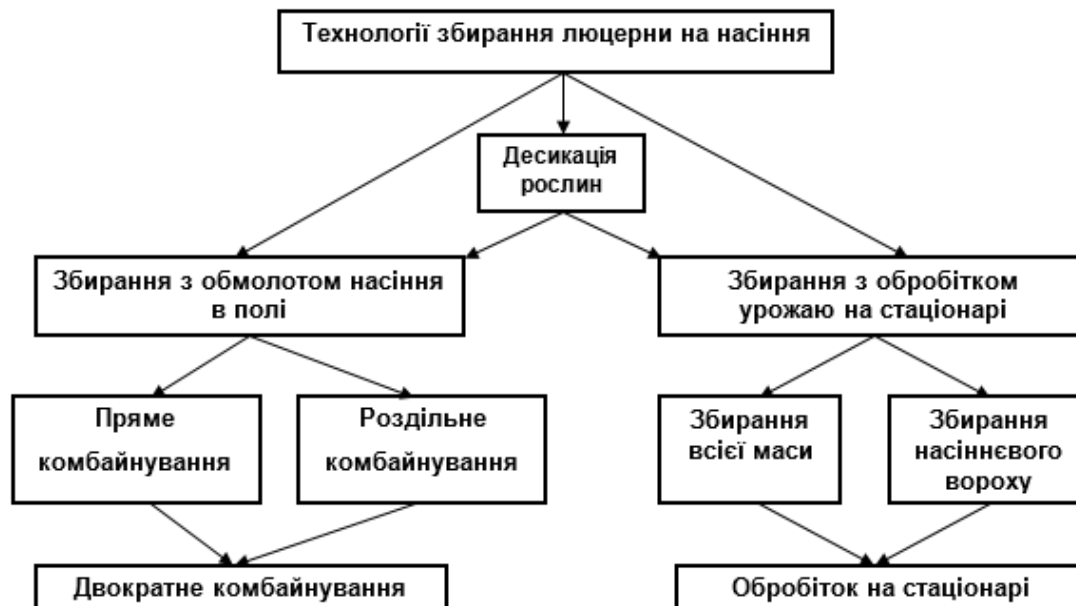
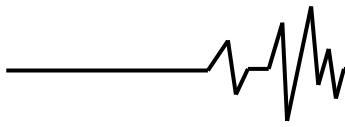


Рис. 1 Технологічні схеми збирання люцерни на насіння

Всі сучасні технології збирання насінників трав базуються на використанні зернозбиральних комбайнів. Найбільш розповсюджені технології збирання насіння бобових трав передбачають пряме комбайнування, роздільне збирання і збирання з подвійним комбайнуванням. Але всі комбайнові технології не забезпечують збирання насіння без

втрат. Агробіологічні особливості насінників, строки їх збирання вимагають застосування доробки обмолоченої комбайном маси. Але і це не гарантує збирання без великих втрат насіння (які можуть сягати 30...40% врожаю) [2].

Практично єдиним способом здійснити збирання з мінімальними втратами, особливо при несприятливих умовах, є збирання всієї біологічної



маси (або її насінневої частини) і обробка її на стаціонарі. Приклади реальних варіантів технологій з доробкою цієї маси на стаціонарі представлені в роботі [3]. Перша технологія, схема якої представлена на рис.1 передбачає збирання всієї біологічної маси в полі, транспортування та обробка її на стаціонарі. Якщо погодні умови не

дозволяють підсушити насінну масу до необхідної вологості у валках, її підбирають і підсушують також на стаціонарі. Головним недоліком такого варіанту технології є великі транспортні затрати.

Одним з варіантів реалізації стаціонарного способу може слугувати технологія з обробкою біологічної маси на стаціонарі (рис 2).

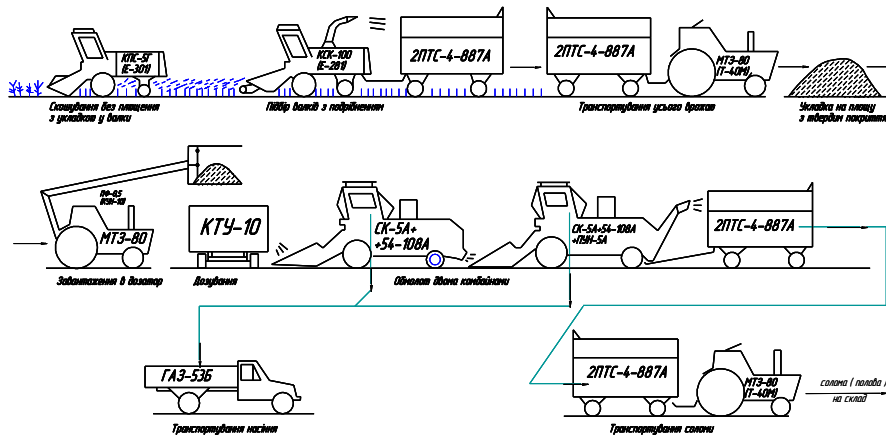


Рис 2. Технологічна схема роздільного збирання насінників люцерни з обробкою всього біологічного врожаю на стаціонарі

Подальший розвиток технологій був направлений на розробку, по-перше, польової машини для збирання тільки насінневої частини врожаю, і по-друге, на створення спеціалізованих стаціонарних машин для витирання і сепарації поживної суміші.

Для вирішення першої проблеми в Україні були створені декілька варіантів очісувальних машин. На жаль, вони не пішли серійне виробництво в основному через невисоку надійність конструкцій [5].

Що стосується машин для обробки поживної суміші на стаціонарі, так званих терочно-сепаруючих блоків (ТСБ), то було

розроблено декілька конструкцій, які успішно пройшли виробничі випробування. В тому числі такі випробування ТСБ були проведені в одному з господарств Вінницької області.

Для отримання поживної суміші пропонується застосовувати зернозбиральний комбайн відрегульований таким чином, щоб у бункері були необмолочені головки конюшини, чи боби люцерни. Вся інша маса збирається в транспортні засоби і після перевірки на вміст насіння при необхідності теж пропускається через ТСБ, або безпосередньо використовується, як корм. Технологічна схема такого способу показана на рис. 3.

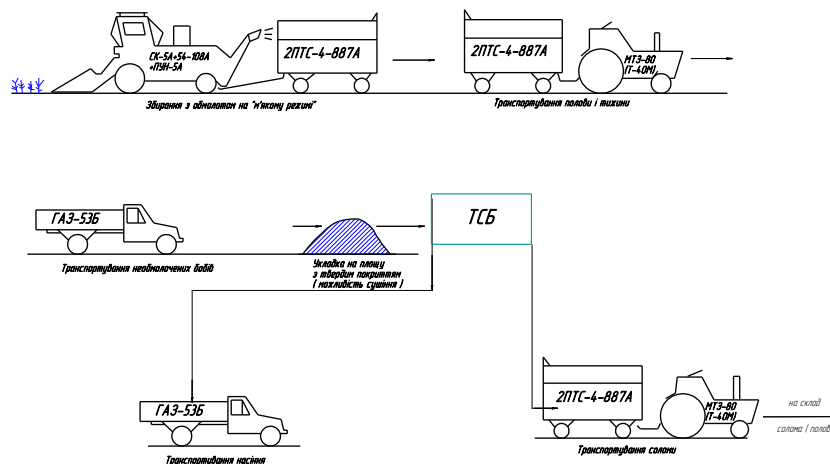


Рис. 3. Запропонована технологічна схема роздільного збирання насінників люцерни з обробкою на стаціонарі, з використанням ТСБ.



Суттєві недоліки комбайнових технологій збирання насіння люцерни зумовили необхідність пошуку принципово нових рішень цієї проблеми. Один із шляхів зниження втрат насіння в процесі збирання полягає в перенесенні складних і енергонасичених операцій обмолоту та сепарації зібраного урожаю в стаціонарні умови. В цьому випадку, в полі скошують і транспортують на стаціонарний пункт всю рослинну масу, або її насінневу

частину. При підвищеній вологості рослинну масу перед обмолотом підсушують. При наявності приміщень для зберігання обмолот та сепарація насіння в стаціонарних умовах не обмежені часом і погодними умовами, що дозволяє виконувати ці операції з високою якістю.

Існує декілька варіантів схем технологій збирання насіння люцерни з обробітком урожаю на стаціонарному пункті (рис. 1.4).

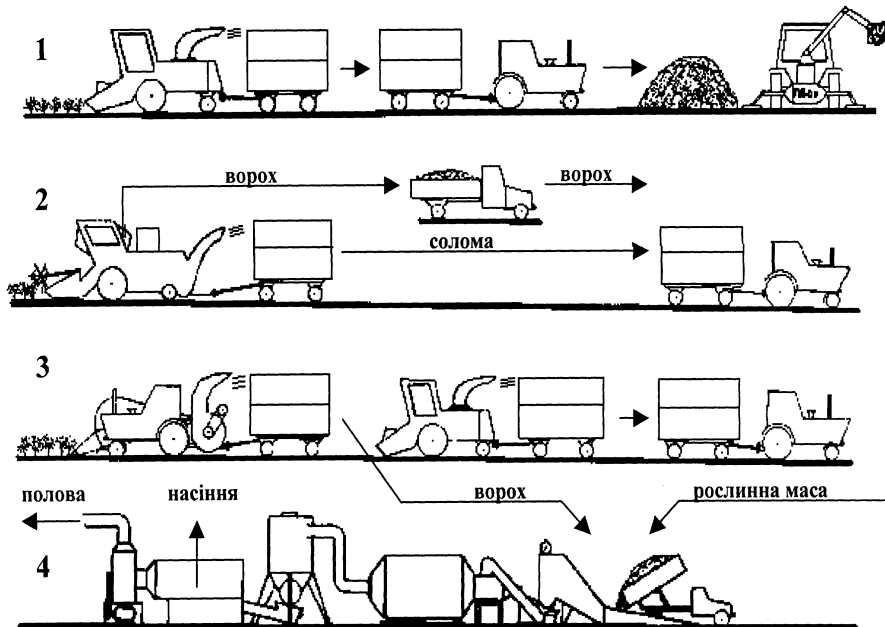


Рис. 4 Технології збирання насіння люцерни з обробітком урожаю на стаціонарному пункті

Технологія, яка передбачає скошування в полі і завантаження в транспортні засоби всієї рослинної маси люцерни з подальшим її обробітком на стаціонарному пункті (поз. 1 рис. 4), дозволяє виконувати збиральні роботи практично при будь-яких погодних умовах. Скошування рослинної маси здійснюють з одночасним її подрібненням або без нього. При цьому, подрібнення рослинної маси полегшує процес її завантаження, зменшує потребу в транспортних засобах. Це особливо важливо при значних відстанях перевезення. Застосування такої технології збирання порівняно з комбайною забезпечує додатковий збір насіння в межах 15...35 % вирощеного урожаю.

З точки зору скорочення енерговитрат та зниження втрат насіння доцільно застосовувати технології, що передбачають збирання в полі не всієї рослинної маси, а тільки її насінневої частини, яку ще називають «насінневим ворохом» або «пожнивною сумішшю» (поз. 2 рис. 1.4). Це знижує потребу в значній кількості герметизованих транспортних засобів, накопичувальних майданчиків та

приміщень для зберігання зібраного урожаю, підвищує продуктивність роботи обладнання стаціонарних пунктів. Але широке розповсюдження таких технологій стримується відсутністю спеціалізованих технічних засобів для збирання насінневого вороху люцерни при будь-яких погодних умовах.

Аналіз літературних джерел, присвячених технологіям збирання насінників трав, показує що для мінімізації втрат насіння необхідно проводити додаткові стаціонарні операції з пожнивною сумішшю, в якій знаходиться ще значна кількість насіння, як чистого, так і того що знаходиться в бобах. Ці необмолочені боби мають вологість вищу ніж потрібно для проведення операції витирання. Як було визначено попередніми дослідженнями, раціональною вологістю для витирання бобів люцерни є значення 19-21% [6]. Для приведення пожнивної маси люцерни до оптимальної вологості необхідно обгрунтувати конструкцію та раціональні режимні параметри сушильного обладнання. На першому етапі виконання даної роботи потрібно зробити огляд можливих варіантів



використання для цього сушарок сільськогосподарського призначення. Це і буде головною задачею даної роботи.

Мета досліджень. Метою роботи є зменшення втрат насіння люцерни при збиранні шляхом аналізу можливих варіантів використання сушильного обладнання сільськогосподарського призначення для нормалізації вологості її поживної суміші при обробці на стаціонарі.

Виклад основного матеріалу. При виборі обладнання та визначення раціональних режимних параметрів для сушіння поживної суміші насінників трав потрібно враховувати особливості цього матеріалу. Основними з них є неоднорідність суміші яка складається з багатьох компонентів що відрізняються між собою фізико-механічними властивостями, висока відносна вологість матеріалу, підвищені фрикційні властивості самої суміші та її компонентів. Також є певні обмеження такого важливого фактору як температура сушильного агенту. Адже температура нагріву насіння не

повинна перевищувати гранично допустиму для збереження їх посівних якостей. Все це накладає певні обмеження на номенклатуру сушарок для реалізації процесу сушки поживної суміші люцерни.

Сушіння вороху насіння трав може бути здійснене різними способами. Вибір способу залежить від об'єму і якості партій матеріалу, які поступають на обробіток, наявності і характеристики сушарок, а також погодних умов. Фізична суть процесу сушіння полягає в передачі насінинам теплоти, випаровуванні з них вологи і переміщенні її в навколишнє середовище. З метою прискорення процесу сушіння і підвищення продуктивності праці процес сушіння повинен бути повністю механізований. При цьому якість висушеного насіння повинна бути високою. Найбільшого поширення в сільському господарстві набули сушарки конвективної дії, які можуть бути застосовані і для сушіння поживної суміші насіння трав [7]. Класифікація представлена на рис.5.

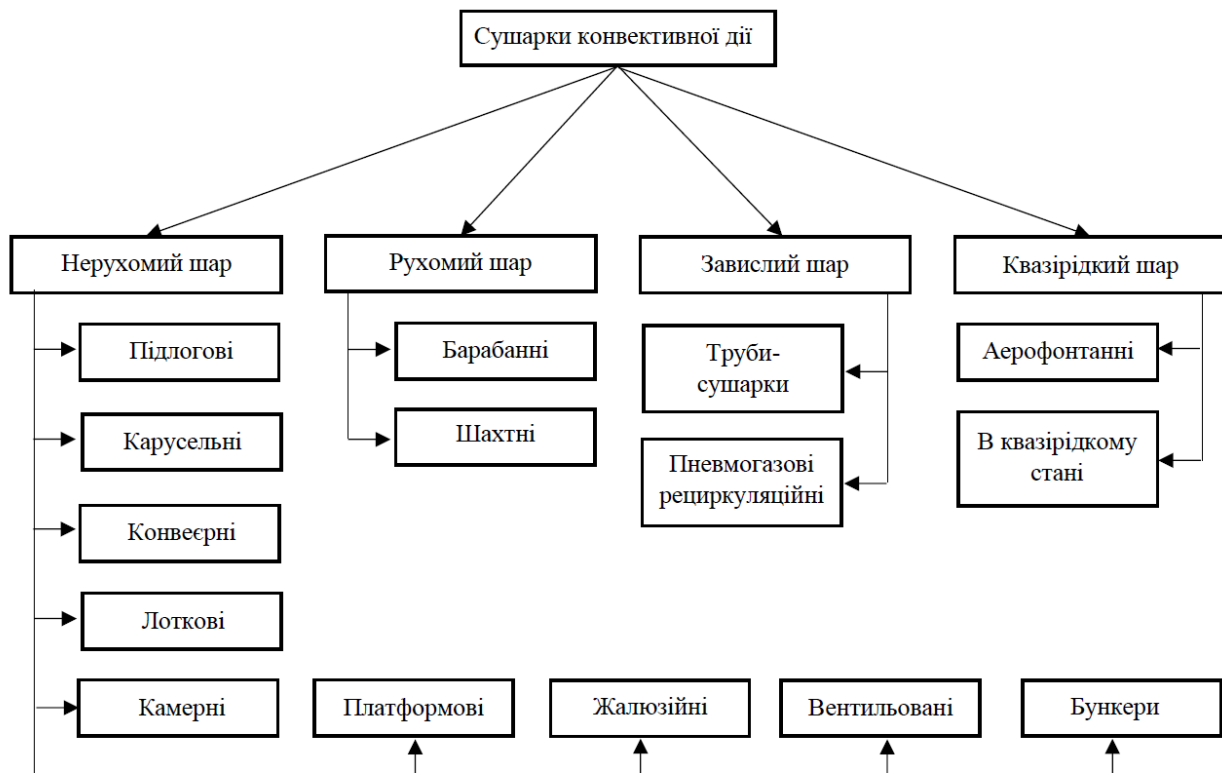


Рис.5. Класифікація сушарок сільськогосподарського призначення

Серед сушарок сільськогосподарського призначення найбільш поширеними є барабанні сушарки, встановлені на комплексах КЗС (СЗСБ-4, СЗСБ-8), та напільні, які комплектуються з повітрянагрівачами ВПТ-400, ВПТ-600 або з теплогенераторами ТБ-0,75. В барабанних сушарках сушіння проходить під дією сушильного агента у циліндричному барабані, що обертається, і час, протягом якого

матеріал просушують, майже не контролюється. Час перебування насіння у сушильному барабані складає 15...20 хв, при цьому вологість насіння знижується на 3...5%, що вимагає повторювати процес сушіння на даній сушарці 2...3 рази або встановлювати лінію з декількох машин. Це є одним із основних недоліків барабанних сушарок. Схема



однієї з барабаних сушарок, а саме СЗПБ-8, показана на рис.6.

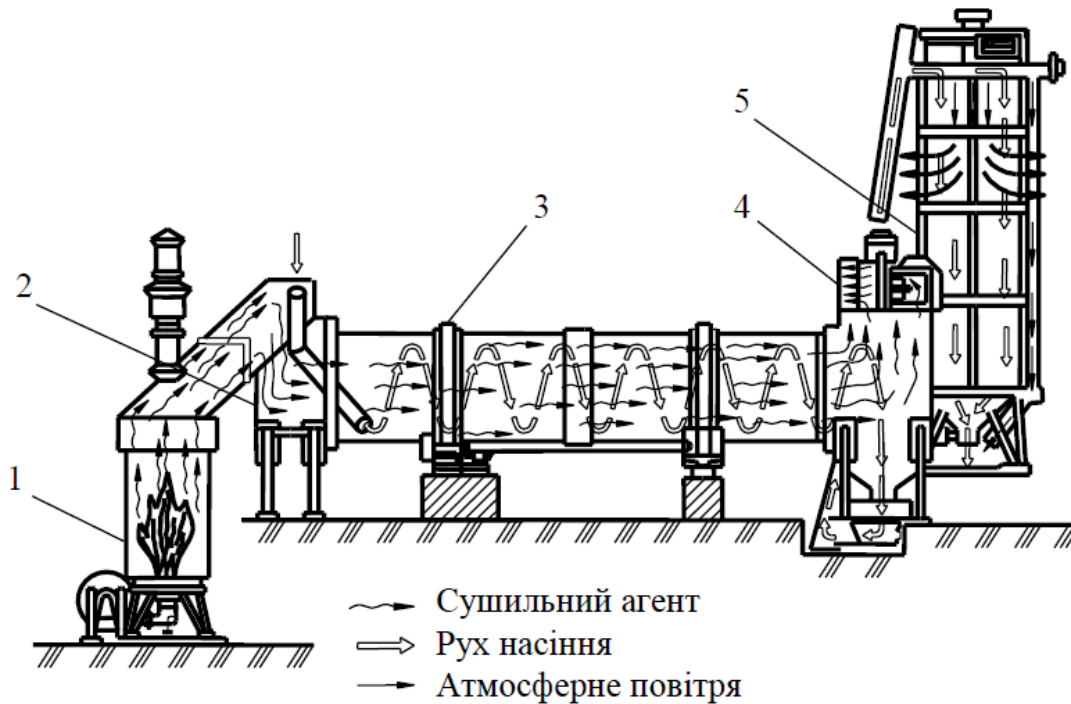


Рис. 6. Схема технологічного процесу сушарки СЗСБ-8

Але головною перешкодою до використання даного типу сушарок, а також широко розповсюджених шахтних та інших сушарок з рухомим, завислим і квазізрідженим станом для роботи з поживною сумішшю насінників трав, в тому числі і люцерни, є її підвищені фрикційні властивості, тобто мала сипучість даного матеріалу. Тому для даного виду матеріалу доцільно використовувати конвективні сушарки з нерухомим шаром матеріалу.

У сушарках підлогового типу температура теплоносія складає 45...75°C. Дані сушарки мають переваги перед барабаними у тому, що температура нагріву насіння на вході

в сушарку через деякий час стає рівною температурі теплоносія, в результаті чого виключається можливість перегріву, а значить зберігаються посівні якості насіння. Крім цього, умови роботи сушарки дозволяють контролювати температуру нагріву насіння. Схема підлогової сушарки приведена на рис.7. Конструкція сушарки включає в себе паливний агрегат 1 і сушильну камеру 2. Завантаження насіння в сушильну камеру проводять з допомогою самоскидів або навантажувачів. Висоту шару насінної суміші встановлюють в залежності від її вологості.

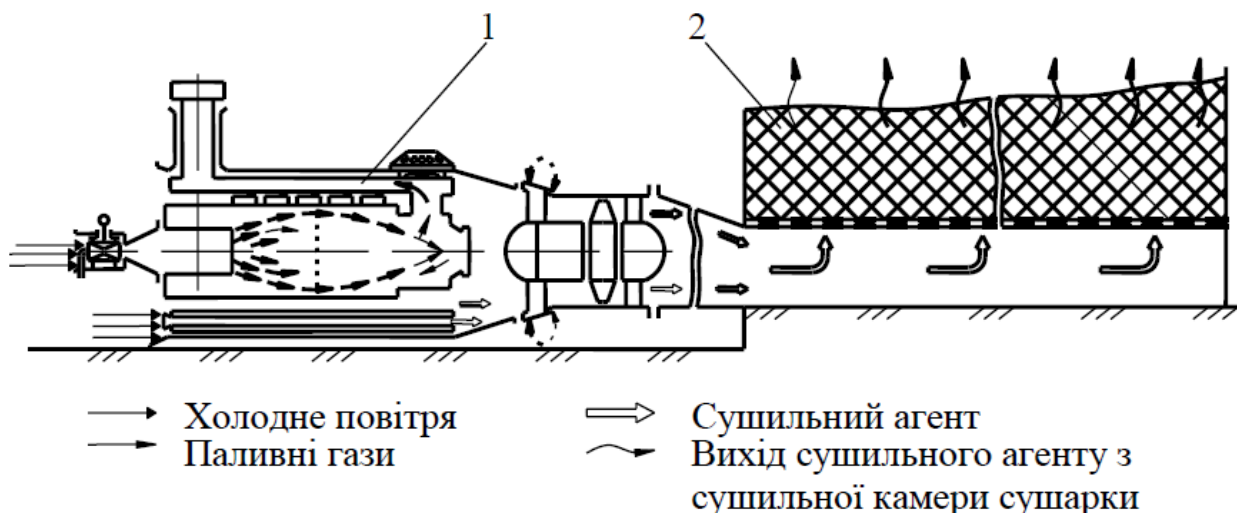


Рис.7. Схема сушіння вороху насіння на підлоговій сушарці



За технологічним процесом конвеєрні сушарки аналогічні підлоговим. Вони універсальні по своєму призначенню, для них не має особливих обмежень по вологості, чистоті і сипучості вихідного матеріалу. На відміну від підлогових сушарок в конвеєрних процес завантаження і вивантаження насіння є механізованим. Лоткові та платформові сушарки конструктивно близькі до вентиляційних установок підлогового типу, прості у будові і

використовуються як в Україні, так і за кордоном для сушіння невеликих партій насіння трав. Лоткові сушарки ЛС-2, 2ЛСТ-400 (рис.8) та інші складаються з однієї або декількох лотків (камер) 1, на які насипають ворох насіння трав. Сушильний агент подається вентилятором 2 повітропроводом під лотки, проходить крізь шар насіння, просушуючи його, і виходить зовні.

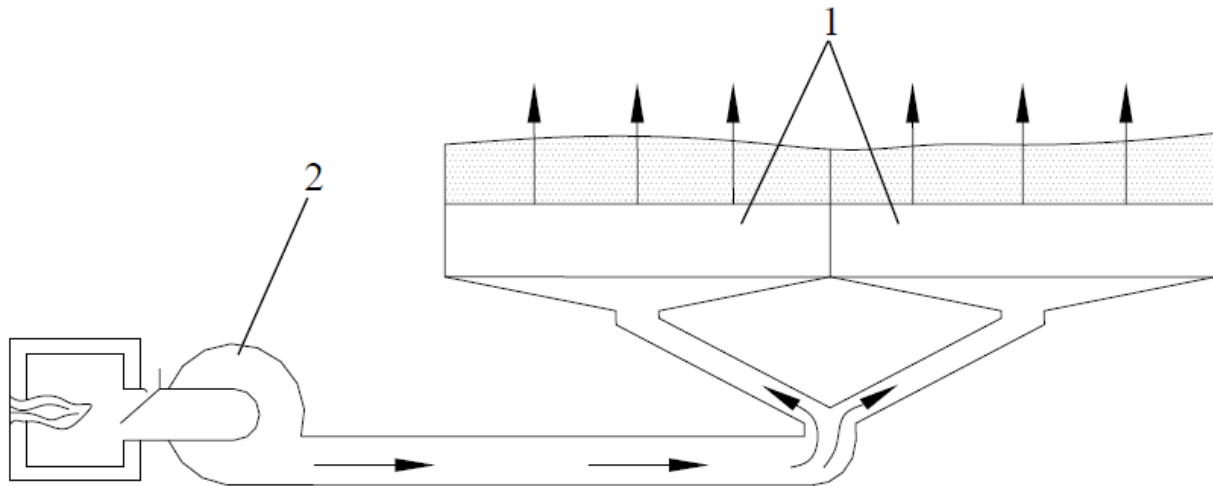


Рис.8. Схема лоткової сушарки

Платформові сушарки (рис.9) широко використовуються для сушіння зерна і насіння кормових трав у мішках. Вони складаються із платформи 1, під якою розміщені

повітропроводи, і металічних решіток 2, на які кладуть мішки з насінням, а також вентилятора 3 і теплогенератора (калорифера).

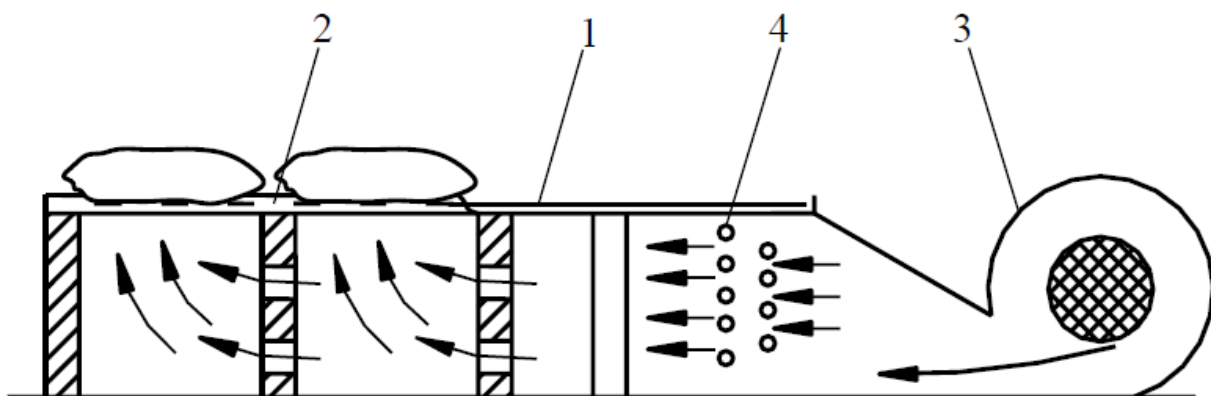


Рис. 9. Схема платформової сушарки

Переваги лоткових і платформових сушарок полягають в тому, що насіння не перегрівається під час сушіння. Недоліком є низький рівень механізації завантаження і вивантаження; насіння потрібно періодично перемішувати, а мішки перекладати. Наслідки – велика енергоємність процесу та низька продуктивність.

В якості сушильного обладнання для нормалізації вологості поживної суміші насінників трав можуть також

використовуватись бункери активного вентилявання. Вони досить широко застосовуються при сушінні зернових культур тому що в них повністю механізовані процеси завантаження і вивантаження, що дозволяє забезпечити високу економічну ефективність. Схема бункера активного вентилявання представлена на рис.10. Він складається з електрокалорифера 1 і циліндричного бункера для насіння 2, який виготовлений з перфорованого матеріалу. У верхній частині



бункера встановлено завантажувальний пристрій, а в нижній – вивантажувальний. Перфорація на зовнішній циліндричній поверхні дозволяє рівномірно висушувати всю партію матеріалу за висотою.

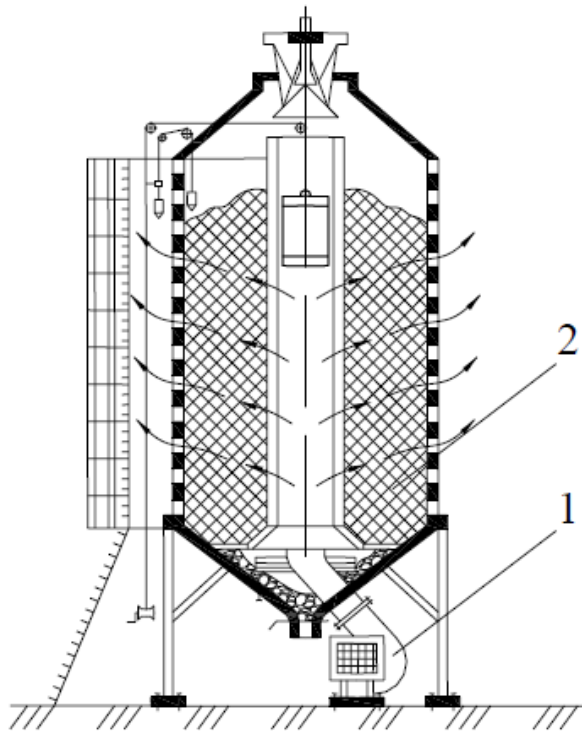


Рис.10. Схема бункера активного вентилявання

Але при сушінні поживної суміші насінників трав, в тому числі люцерни, основна перевага бункерів активного вентилявання, а саме механізовані процеси завантаження і розвантаження, не можуть бути використані в повній мірі через низьку сипку здатність суміші. Окрім того, бункери активного вентилявання мають високу металоємність, що понижує економічну та енергетичну ефективність їх використання.

Аналіз конструкцій та технологічних процесів сільськогосподарських сушарок дозволяє зробити висновок що для такого матеріалу як поживна суміш насінників трав, в тому числі і люцерни, найбільш придатними будуть сушильні установки лоткового, платформового та підлогового типу. Вони забезпечать ефективне сушіння невеликих партій поживної суміші насінників трав, не потребуючи великих капітальних вкладень та значних виробничих площ.

Для моделювання процесу сушіння поживної суміші люцерни в нерухомому шарі спроектована лабораторна установка, схема якої представлена на рис.11

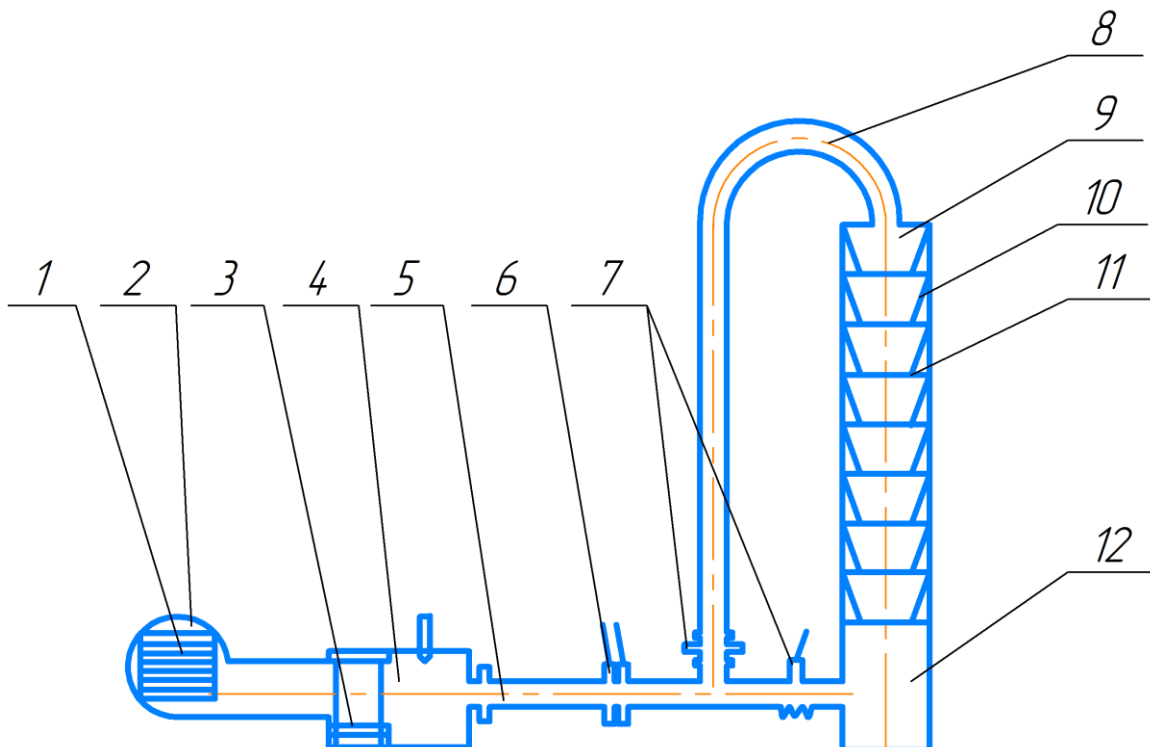
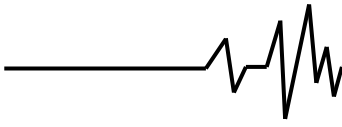


Рис.11 Схема лабораторної установки для дослідження процесу сушіння в нерухомому шарі.



Конструкція установки дає змогу варіювати товщину шару матеріалу та основні параметри сушильного агенту. Важливою особливістю даної установки є можливість реалізувати схему інверсійної сушарки. Адже застосування інверсії сушильного агенту є одним з можливих шляхів підвищення ефективності процесу сушіння [8].

Експериментальні дослідження проведені на лабораторній установці дозволять визначити раціональні конструктивні та режимні параметри процесу сушіння поживної суміші насінників трав.

Висновки:

Всі сучасні технології збирання насінників трав потребують доробки поживної суміші на стаціонарі. Однією з цих операцій є сушіння яке проводиться з метою доведення вологості матеріалу до значення, необхідного для успішного введення наступної технологічної операції витирання або обмолоту суміші. Проведення цих операцій дозволяє суттєво зменшити втрати насіння при збиранні.

Аналіз сушарок сільськогосподарського призначення дозволяє зробити висновок що для сушіння поживної суміші насінників трав, враховуючи їх агротехнологічні властивості, найбільше пристосовані сушарки з нерухомим шаром матеріалу, а саме лоткові і підлогові різної конфігурації та комплектації.

Для моделювання процесу сушіння та визначення раціональних конструктивних та режимних параметрів сушарки розроблена схема лабораторної установки, конструкція якої дає можливість варіювати параметри процесу, а також дозволяє використовувати інверсію теплоносія що підвищить ефективність технологічного процесу.

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. Концепція розвитку кормовиробництва в Україні на період до 2025 року. Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН. 2014. Вінниця. 12 с.

6. 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 гідравліка та пневматика. 2012. №1(35). С.15-18.

7. 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.

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

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

10. Tverdokhlib I.V., Spirin A.V. Theoretical studies on the working capacity of disk devices for grinding agricultural crop seeds *Inmateh. Agricultural Engineering*. 2016. Vol. 48. No.1 P. 43–52.

11. Спірін 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

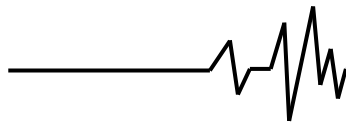
1. Spirin A.V., Tverdokhlib I.V. (2019). Systemnyi pidkhyd do doslidzhennia tekhnolohii zbyrannia nasinnykiv liutserny. Molod i tekhnichniy prohres v APK: *materialy Mizhnarodnoi naukovopraktychnoi konferentsii*. Vinnytsia. 226-227. [in Ukrainian].

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 tekhnolohii vyroshchuvannia nasinnia novykh ta perspektyvnykh sortiv bobovykh trav v umovakh lisostepu Ukrainy. *Sil'ske hospodarstvo ta lisivnytstvo*. №7(49). 70-76. [in Ukrainian].

5. The concept of forage production development in Ukraine for the period up to 2025. Institute of Feed and Agriculture of Podillya NAAS. 2014. Vinnytsia. 12. [in Ukrainian].



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

7. 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].

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

9. Solomka O.V. (2017). Obgruntuvannya tekhnolohichnoho protsesu zbyrannia nasinnia liutserny metodom obchisuvannya: monohrafiia. Kyiv: NUBIP Ukrainy. 147 s. [in Ukrainian].

10. Tverdokhlib I.V., Spirin A.V. (2016). Theoretical studies on the working capacity of disk devices for grinding agricultural crop seeds *Inmateh. Agricultural Engineering*. Vol. 48. No.1 P. 43–52. [in Rumyniia]

11. Spirin A.V., Tverdokhlib I.V., Zamrii M.A. (2021). Vyznachennia rezhymu funktsionuvannya vidtsentrovano-hravitatsiinoho separatora terkovoho prystroiu. *Vibratsii v tekhnitsi ta tekhnolohiakh*. №3 (102). 64-71. [in Ukrainian].

INVESTIGATION OF THE PROCESS OF DRYING SEEDS OF HERBS

The modern unsatisfactory state of livestock in Ukraine depends largely on the lack of high -use feed, especially on legumes. In turn, the lack of such feed is associated with insufficient amounts of high -yielding seeds. All studies aimed at increasing the

production of herbs are relevant and require a priority solution.

The deficiency of high -performance seeds of legumes is explained by several reasons. These are the agrotechnical and physical and mechanical properties of both the seeds and the components of the crop mixture, the weather conditions under which is harvested, etc. To a large extent, the amount and quality of seeds depends on the conditions and results of harvesting the seeds.

In this regard, the development of new means for drying the crop mixture of herbs and the study of the impact of their structural and technological parameters to improve the energy and qualitative indicators of the technological process of work of drying equipment is an important task.

Analysis of the technologies of collection of legumes of legumes shows that almost all methods of harvesting require additional treatment of crop mass on the hospital. It is thanks to bringing the crop mixture to the corresponding condition, especially by its humidity, that it is possible to significantly reduce the field loss of seed crop.

Analysis of agricultural dryers in terms of suitability for drying the crop mixture was carried out. For the implementation of the process of drying of this material, the most suitable are dryers with a fixed layer. After all, the use of most types of dryers is impossible due to the specific features of the material.

The scheme of the laboratory installation for the experimental determination of structural and mode parameters of the drying process is proposed. The laboratory installation allows you to adequately simulate the process of drying the thick layer of crop mixture with the possibility of reversible supply of the drying agent.

Key words: legume seeds, harvesting technology, dryer, drying agent, fixed layer, reversing.

Відомості про авторів

Солона Олена Василівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри загальнотехнічних дисциплін та охорони праці Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008, e-mail: solona_o_v@ukr.net).

Замрій Михайло Анатолійович – аспірант кафедри загальнотехнічних дисциплін та охорони праці Вінницького національного аграрного університету. (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008, e-mail: zamrij99@gmail.com).

Solona Olena – Candidate of Technical Sciences (*Ph. D in Engeneering*), Associate Professor of the Department of General Technical Disciplines and Labor Protection, Vinnytsia National Agrarian University (3, Solnyschaya St., Vinnytsia, Ukraine, 21008, e-mail: solona_o_v@ukr.net).

Zamrii Mykhailo – postgraduate student of the Department of General Technical Disciplines and Occupational Safety of Vinnitsa National Agrarian University (Str. Sonyachna, 3, Vinnytsia, Ukraine, 21008, e-mail: zamrij99@gmail.com).