

Луцький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет аграрних технологій та екології
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))
Кафедра аграрної інженерії ім. проф. Г.А.Хайліса
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

магістра

на тему: «Дослідження процесу післязбиральної обробки зернової суміші з
удосконаленням сушарки»

Виконав: студент 2 курсу, групи АІм-21
спеціальності 208 Агроінженерія
за освітньо-професійною програмою
«Агроінженерія»

Гороховський А.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник Забродоцька Л.Ю.

(прізвище та ініціали)

Гарант ОП Сацюк В.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Дударєв І.М.

(прізвище та ініціали)

Луцьк 2023

**ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет	<i>аграрних технологій та екології</i>
Кафедра	<i>аграрної інженерії ім. проф. Г.А.Хайліса</i>
Галузь знань	<i>20 Аграрні науки та продовольство</i>
Освітній ступінь	<i>магістр</i>
Спеціальність	<i>208 Агроінженерія</i>
Освітньо-професійна програма	<i>Агроінженерія</i>

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри аграрної інженерії
ім. проф. Г.А.Хайліса

доцент, к.т.н. _____ В.В. Сацюк
«10» січня 2023 р..

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРАНТУ**

Гороховському Андрію Васильовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження процесу післязбиральної обробки зернової суміші з удосконаленням сушарки

керівник роботи Забродоцька Л.Ю., доцент, к.т.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом ЛНТУ від «10» січня 2023 р. № 11/01-02

2. Термін здачі студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи _____

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Титульний аркуш .
2. Завдання на роботу магістра.
3. Реферат.
4. Зміст.
5. Вступ.
6. Основну частину.
7. Загальні висновки.
8. Перелік джерел посилань.
9. Додатки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

	к-сть листів
1. Вихідні дані	1 лист
2. Схеми машин аналогів	1 лист
3. Схема пункту післязбиральної обробки зернового вороху	1 лист
4. Теоретичні дослідження	1 лист
5. Результат експериментальних досліджень	1 лист
6. Принципова схема	1 лист
7. Складальне креслення	1 лист

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Юхимчук С.Ф., доцент		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літератури за темою, формування завдань досліджень	15.06. – 01.07.2023 р.	
2	Обґрунтування конструкції і теоретичні дослідження	22.08 – 31.08.2023 р.	
3	Розробка схеми експериментальної установки чи досліджуваної машини	01.09 – 30.09.2023 р.	
4	Розробка програми і методики експериментальних досліджень	01.10 – 15.10.2023 р.	
5	Реалізація та обробка результатів експериментальних досліджень	01.10 – 15.10.2023 р.	
6	Експериментальні дослідження з використанням математичного методу планування	15.10 – 01.11.2023 р.	
7	Розробка креслення розроблюваного чи удосконаленого вузла	01.11 – 15.11.2023 р.	
8	Узагальнення результатів та оформлення пояснювальної записки	15.11 – 25.11.2023 р.	
9	Оформлення ілюстративного матеріалу для захисту магістерської роботи	15.11 – 25.11.2023 р.	
10	Нормоконтроль	до 09.12.2023 р.	
11	Представлення кваліфікаційної роботи на перевірку на плагіат	09.12.– 19.12.2023 р.	

Студент

_____ (підпис)

Гороховський А.В.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Забродоцька Л.Ю.

_____ (прізвище та ініціали)

Гарант ОПП

_____ (підпис)

Сацюк В.В.

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

ГОРОХОВСЬКИЙ А.В. Дослідження процесу післязбиральної обробки зернової суміші з удосконаленням сушарки. Рукопис.

Кваліфікаційна робота магістра ОП «Агроінженерія» спеціальності 208 Агроінженерія. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2023.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, чотирьох розділів, висновків і пропозицій, списку використаних джерел, додатків.

Кваліфікаційну роботу присвячено вирішенню актуальної задачі інтенсифікації процесу післязбиральної обробки зерновоого вороху та розробці конструкції сушарки. Представлені природно-господарчі вимоги господарства, аналіз технологій та засобів післязбиральної обробки зерна, пропонуються заходи щодо вдосконалення технологій післязбиральної обробки зерна. На основі отримання статистичних даних обґрунтовано продуктивність зернокомплексу. Також в кваліфікаційній роботі приводяться заходи для безпеки життєдіяльності; виконаний розрахунок техніко-економічних показників.

Ключова слова: післязбиральна обробка зерна, очищення, сушіння, зерновий ворох, механізована енергозберігаюча технологія, сушарка.

ABSTRACT

HOROHOVSKY A.V. Study of the process of post-harvest processing of the grain mixture with the improvement of the dryer. Manuscript.

Master's Degree Qualifying Research Paper in Programme Subject Area 0888 Inter-disciplinary programmes and qualifications involving agriculture, forestry, fisheries and veterinary under Agricultural Engineering Educational Program. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2023.

The master's qualification work consists of an introduction, four sections, conclusions and proposals, a list of used sources, appendices.

The qualification work is dedicated to solving the urgent problem of intensification of the process of post-harvest processing of the grain pile and the development of the design of the dryer. The natural and economic requirements of the farm, the analysis of technologies and means of post-harvest processing of grain are presented, measures are proposed to improve technologies of post-harvest processing of grain. On the basis of obtaining statistical data, the productivity of the grain complex is substantiated. Also, measures for life safety are given in the qualification work; the calculation of technical and economic indicators has been performed.

Key words: post-harvest processing of grain, cleaning, drying, grain pile, mechanized energy-saving technology, dryer.

ЗМІСТ

ЗАВДАННЯ.....	2
АНОТАЦІЯ.....	3
ВСТУП.....	6
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ВИХІДНИХ ДАНИХ.....	9
1.1 Сучасні проблеми реалізації та розвитку механізованих процесів післязбиральної обробки зерна.....	9
1.2 Аналіз технології післязбиральної обробки зернового матеріалу.....	10
1.3 Огляд існуючих установок для сушіння зерна.....	12
Висновки до розділу.....	17
2 ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ І ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ УДОСКОНАЛЕНОГО ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ.....	19
2.1 Особливості імітаційного моделювання післязбиральної обробки зерна в умовах господарства.....	19
2.2 Обґрунтування конструкції карусельної сушарки.....	23
Висновки до розділу.....	31
3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ..	32
3.1.Методика визначення раціонального режиму сушіння зерна у лабораторних умовах.....	32
3.2 Методика дослідження процесу сушки зерна на карусельній сушарці..	34
Висновки до розділу.....	36
4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	37
Висновки до розділу.....	39
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	40
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	41
ДОДАТКИ.....	43

ВСТУП

Актуальність теми. Зернове виробництво є основою сталого функціонування агропромислового сектора, що носить системоутворюючий характер для інших галузей економіки країни, визначає рівень продовольчої безпеки населення.

У собівартості виробництва зерна частка очищення та сортування при післязбиральній обробці становить не більше десяти відсотків, але відмова від цих операцій або недостатньо якісне їх виконання призводить до великих фінансових витрат, ціна яких може значно перевищувати витрати на їх проведення. Наявна в сільському господарстві зерноочисна техніка морально застаріла, фізично зношена та кількісно недостатня. Проведені дослідження показують, що побудова технологічних схем зерноочисних ліній, машин та робочих органів на базі відомих принципів не дозволяє отримати насіння, що відповідає вимогам ГОСТ, за один технологічний цикл. Крім того, як правило, не враховується біологічна різноякісність зерна, завдяки якій можливе покращення врожайних властивостей насіння та зниження собівартості зерна на продовольчі та технічні цілі.

Післязбиральна обробка – одна з найважливіших проблем у виробництві зерна. Від забезпечення господарств сучасним обладнанням для післязбиральної обробки, його технічного рівня та ефективності використання на місцях залежить кількісна та якісна безпека зібраного врожаю. Завдання післязбиральної обробки – одержання насінневого, продовольчого та фуражного зерна, що відповідає певним вимогам, передбаченим стандартами [1].

Післязбиральна обробка зерна, що включає попереднє очищення, сушіння та остаточне доопрацювання є найбільш енерго-ресурсомістким процесом у технологічній схемі його виробництва.

В Україні щорічно вимагають сушіння або досушування до 80% зерна, що намолочується, при його подальшій обробці. На здійснення цих ресурсомістких процесів припадає 30–50 % витрат палива та 85–90 % електроенергії від загальних витрат на виробництво зерна. Нині у сільськогосподарських підприємствах

республіки є близько 3,3 тис. зерноочисно-сушільних комплексів та 1,3 тис. окремо встановлених зерносушарок. Однак термін служби більшості комплексів і машин і обладнання, що входять до них, перевищив 15 років. Вони не здатні в необхідний агротехнічний термін здійснити обробку вирощеного зерна. Через війну дефіцит зерноочистиних сушільних потужностей в Україні становить близько 30 %.

Поряд з іншими типами сушарок, у використовуються карусельні сушарки, призначені для сушіння насіння зернових, зернобобових культур, насіння соняшнику та кукурудзи з початковою вологістю до 35 %. Вони забезпечують якісне сушіння насінневого продовольства та фуражного зерна.

Наукова проблема полягає у пошуку методів підвищення ефективності функціонування пристроїв у технологічних лініях післязбиральної обробки зерна з метою отримання максимального ефекту від їх застосування.

Наукове та практичне значення одержаних результатів. Запропоновано конструкцію карусельної сушарки сипких рослинних матеріалів.

Мета роботи – підвищення ефективності роботи зерноочисно-сушільних комплексів.

Для досягнення поставленої мети та реалізації висунутої гіпотези сформульовано такі завдання дослідження:

- провести загальний аналіз відомих технологій післязбирального обробітку зернового вороху та конструкційних особливостей будови і функціонування, позитивних переваг та недоліків існуючих зерносушарок;
- розробити конструктивно-технологічну схему сушарки;
- обґрунтувати основні параметри та режими роботи карусельної сушарки.

Об'єкт дослідження – технологія післязбиральної обробки зерна в умовах господарств України.

Предмет дослідження – параметри технологічних процесів та пристроїв для післязбиральної обробки зерна.

Методи дослідження. Загальною методологічною основою досліджень було використання системного підходу, що забезпечує розгляд процесів обробки

зернового вороху з урахуванням взаємозв'язків якості насіння та зерна з продуктивною здатністю та технологічними параметрами технічних засобів. Під час проведення досліджень використовувалися методи математичного моделювання, статистики, системного аналізу, теорії ймовірності, лабораторні та виробничі випробування.

Наукова новизна одержаних результатів. Запропонована нова конструкція сушарки сипких матеріалів.

Апробація результатів роботи. А. Гороховський. Особливості технології післязбиральної обробки дрібнонасіньових культур: тези III студентської науково-технічної конференції «Сучасні технології у агровиробництві та природокористуванні». Луцьк: Факультет аграрних технологій та екології, ЛНТУ. – 2023. С. 39-42.

Структура й обсяг роботи. Кваліфікаційна робота магістра складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку джерел посилання із 18 назв та 2 додатків. Основна частина викладена на 42 сторінках, містить 13 рисунків і 2 таблиці.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ВИХІДНИХ ДАНИХ

1.1. Сучасні проблеми реалізації та розвитку механізованих процесів післязбиральної обробки зерна

Аналіз технічної оснащеності (ТО) післязбиральної обробки зерна (ПОЗ), виконаний на базі більш ніж 140 господарств півдня України, виявив такий стан зерновиробництва.

Більш ніж 95% господарств відсутня потокова технологія обробки зерна. Продуктивність існуючих поточкових технологічних ліній забезпечує обробку в середньому 50-60% вступника за добу від комбайнів матеріалу. В окремих господарствах ця цифра опускається до 20-25%. У ряді господарств понад 50% зернового матеріалу обробляється на розрізнених (пересувних) зерноочисних машинах (ЗОМ), причому витрати праці збільшуються у 4–8 разів у порівнянні з використанням поточної технології. Питомі рівні технічної оснащеності та енергоозброєності суміжних господарств одного району (області), які мають приблизно однаковий валовий збір зерна, відрізняються у 2-3 рази, а витрати – до 5 раз. Лише у 3-5 % досліджених господарств регіону є спеціальне насіння очисне обладнання та більш ніж у 80% не існують чи не використовуються лабораторії щодо визначення якості зернових матеріалів. Спостерігається особливо низький рівень контролю за якістю функціонування пересувних зерноочисних машин (ЗОМ).

Розробка проектів для будівництва та реконструкції зернотоків проводиться без урахування фактичної продуктивності ЗОМ та достатніх інформаційних та методично-розрахункових баз для конкретного господарства та реальних зональних умов, а це висуває завдання розробки та удосконалення методики розрахунку параметрів ТО ПУОЗ.

Розроблені в Україні та за кордоном методики обґрунтування параметрів технологічного процесу ПУОЗ не можуть бути застосовані в умовах півдня України через специфіку його агрокліматичних умов, розмірів посівних площ,

врожайності, розмірів валового збирання зерна, характеристик зернових матеріалів. Крім того, відсутні дані про реальні показники якості роботи ЗОМ в умовах їх нормального функціонування, що свідчить про необхідності вдосконалення методик розрахунку параметрів обладнання зернокомплексів з урахуванням зональних умов [2 – 6].

1.2. Аналіз технології післязбиральної обробки зернового матеріалу

Сучасна технологія ПОЗ повинна забезпечити:

- 1) застосування найбільш енергозберігаючих способів післязбирального обробітку зерна;
- 2) сушіння та охолодження;
- 3) повне післязбиральне дозрівання;
- 4) запобігання погіршенню якості матеріалу;
- 5) забезпеченість рівномірної температури і вологості всієї зернової маси при зберіганні;
- 6) раціональне використання відходів, які одержали під час очищення насіння.

Основна вимога сучасної технології післязбиральної обробітку – це максимально швидке доведення зерна будь-якої вологості та засміченості до кондиційного стану, що забезпечує нормальне протікання процесу післязбирального дозрівання та подальше безпечне зберігання.

На даний час в Україні для післязбиральної обробки зернової маси найбільш частіше зерноочисно-сушильний комплекс ЗСК -15 (рис. 1.1), який працює за наступною технологічною схемою. Зерновий ворох з самоскида або ковшовим навантажувачем подається в приймальний пристрій 1, далі трансформується у завантажувальну норію 2. Потім зернова маса подається на попереднє очищення 3 та сушіння 5. Відходи після попереднього очищення направляються в накопичувальний бункер 4. З сушарки зерно подається на машину первинного очищення 6, після якого в бункер накопичення висушене зерно 7. Там матеріал

охолоджується і далі транспортується на зберігання.

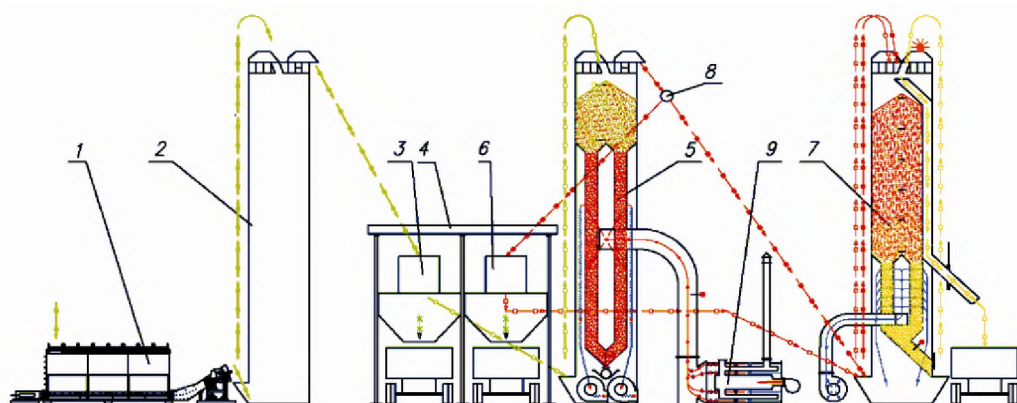


Рисунок 1.1 – Схема технологічна роботи комплексу ЗСК-15:

1 – приймальний пристрій; 2 – завантажувальна норія; 3 – машина для попереднього очищення; 4 – накопичувальний бункер; 5 – сушарка; 6 – машина для первинного очищення; 7 – охолоджувальний бункер

На рисунку 1.2 зображена схема пункту післязбиральної обробки вороху насіння трав на базі карусельної сушарки

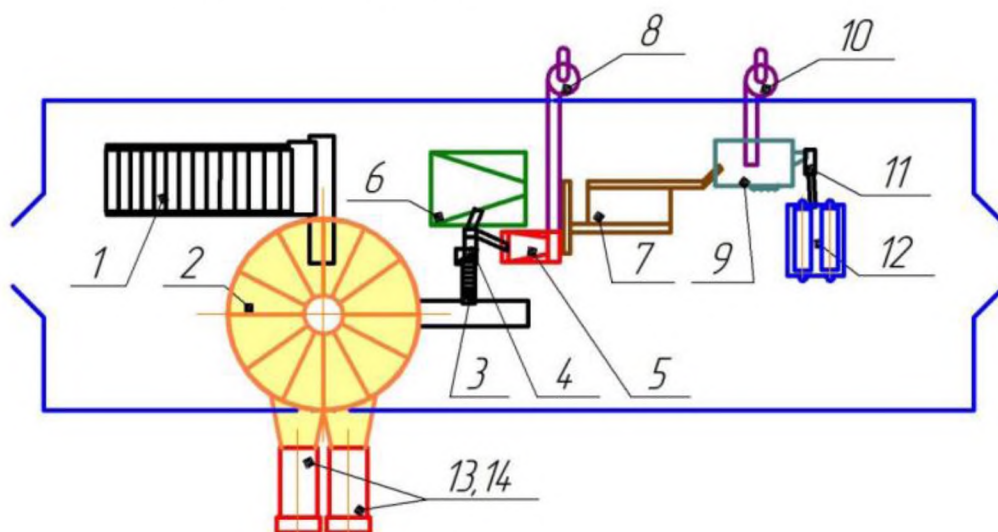


Рисунок 1.2 – Схема пункту післязбиральної обробки вороху насіння трав:

1 – приймальний завантажувач; 2 – сушарка карусельна; 3 – скребковий транспортер; 4, 11 – норія зернова; 6 – проміжний бункер; 7 – очисник вороху; 8, 10 – осадова камера; 9 – зерноочисна машина Петкус; 12 – трієрний блок; 13, 14 – топка з вентилятором

Обертання насіння з транспортних засобів, що надходить від комбайна, вивантажується на приймальні транспортери 1 карусельної сушарки СКМ-0,5(2). У сушильній камері ворох насіння трав просушується теплоносієм від теплогенератора. Матеріал, що досяг у нижньому шарі кондиційної вологості, що вивантажується фрезою розвантажувального пристрою на транспортер вивантажувальний. З транспортера вивантажного ворох насіння подається в норію, з норії ворох розподільником завантажується в бункер 6 або в тертку 5 в залежності від оброблюваного матеріалу. З бункера або після обробки на тертці К-310 купу насіння завантажується в лоток, звідки подається на попереднє очищення у ворохоочисник ОВС 25 (7). Пройшла попереднє очищення ворох транспортером-розвантажувачем ОВС-25 подається в завантажувальний бункер сім'яочисної машини К-218 (9). Ті, що пройшли очищення насіння трав на вітрорешітній машині К-218 подають у норію, яка перевантажує в трієрний блок К-553 (12). Очищене на трієрі насіння збирають у мішки і складують у сховище. Обслуговують пункт оператор та два робітники, зайняті на упаковці насіння в мішки.

При обробці на спеціалізованому пункті вихід кондиційного насіння з вороху збільшується на 10-15%. Комплексний підхід до організації виробництва насіння багаторічного трав дає не тільки прямий економічний ефект для господарств, що вирощують насіння, але та забезпечує загалом, поряд з іншими заходами, підвищення врожайності трав.

1.3 Огляд існуючих установок для сушіння зерна

Зернове виробництво є основою сталого функціонування агропродовольчого сектору, носить системоутворюючий характер для інших галузей економіки країни, визначає рівень продовольчої безпеки населення та є своєрідним індикатором економічного благополуччя держави.

Післязбиральна обробка – одна з найважливіших проблем у виробництві зерна. Від забезпечення господарств сучасним обладнанням для післязбиральної

обробки, його технічного рівня та ефективності використання на місцях залежить кількісна та якісна безпека зібраного врожаю. Завдання післяприбиральної обробки – одержання насінневого, продовольчого та фуражного зерна, що відповідає певним вимогам, передбаченим стандартами [1].

Післязбиральна обробка зерна, що включає попереднє очищення, сушіння та остаточне доопрацювання є найбільш енерго-ресурсомістким процесом у технологічній схемі його виробництва.

В Україні щорічно вимагають сушіння або досушування до 80% зерна, що намолочується, при його подальшій обробці. На здійснення цих ресурсомістких процесів припадає 30–50 % витрат палива, 15–25 % металу, до 10 % трудовитрат та 85–90 % електроенергії від загальних витрат на виробництво зерна. Нині у сільськогосподарських підприємствах республіки є близько 3,3 тис. зерноочисно-сушильних комплексів та 1,3 тис. окремо встановлених зерносушарок. Однак термін служби більшості комплексів і машин і обладнання, що входять до них, перевищив 15 років. Вони не здатні в необхідний агротехнічний термін здійснити обробку вирощеного зерна. Через війну дефіцит зерноочисительно-сушильних потужностей у республіці становить близько 30 % [2, 3].

Поряд з іншими типами сушарок, використовуються карусельні сушарки, призначені для сушіння насіння зернових, зернобобових культур, насіння соняшнику та кукурудзи з початковою вологістю до 35 %. Вони забезпечують якісне сушіння насінневого продовольства та фуражного зерна.

У всій технології виробництва зерна найбільш і енерговитратною, і важливою є сушіння, що полягає у видаленні зайвої вологи з насіння. У потоково-технологічних лініях для сушіння зерна можуть використовуватись різні типи сушарок: напільні, конвеєрні, карусельні, барабанні та інші сушарки, що реалізують конвективний принцип видалення вологи (рис. 1.3 – 1.6).

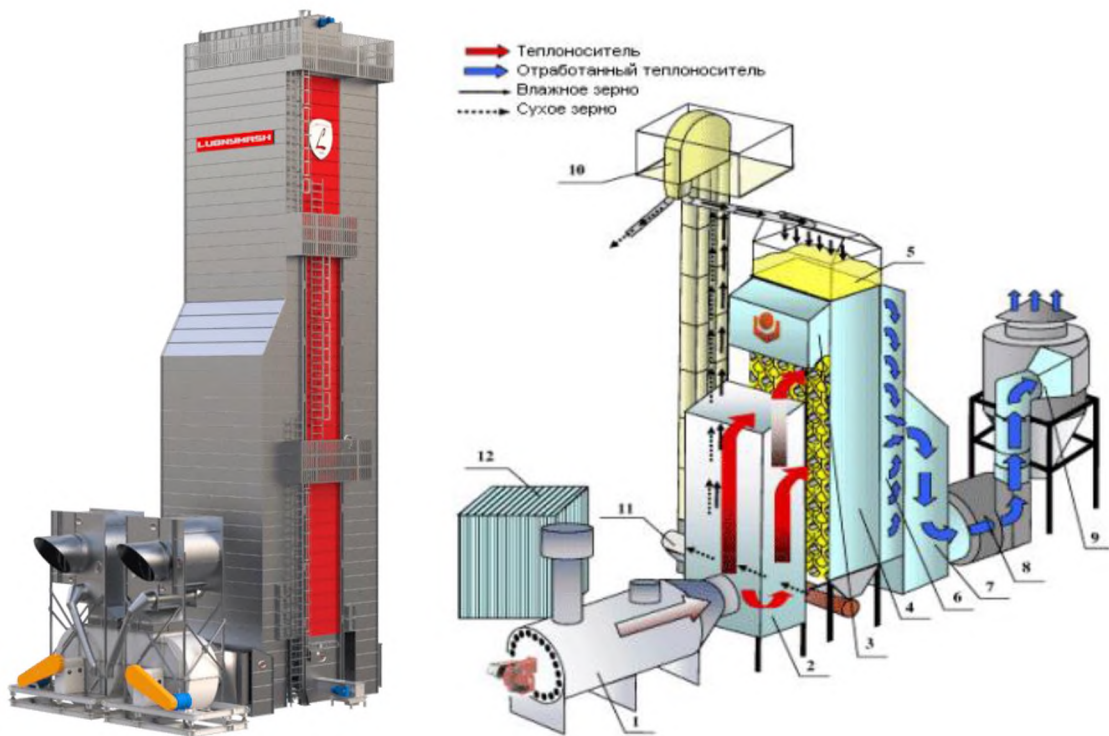


Рисунок 1.3 – Шахтна зерносушарка

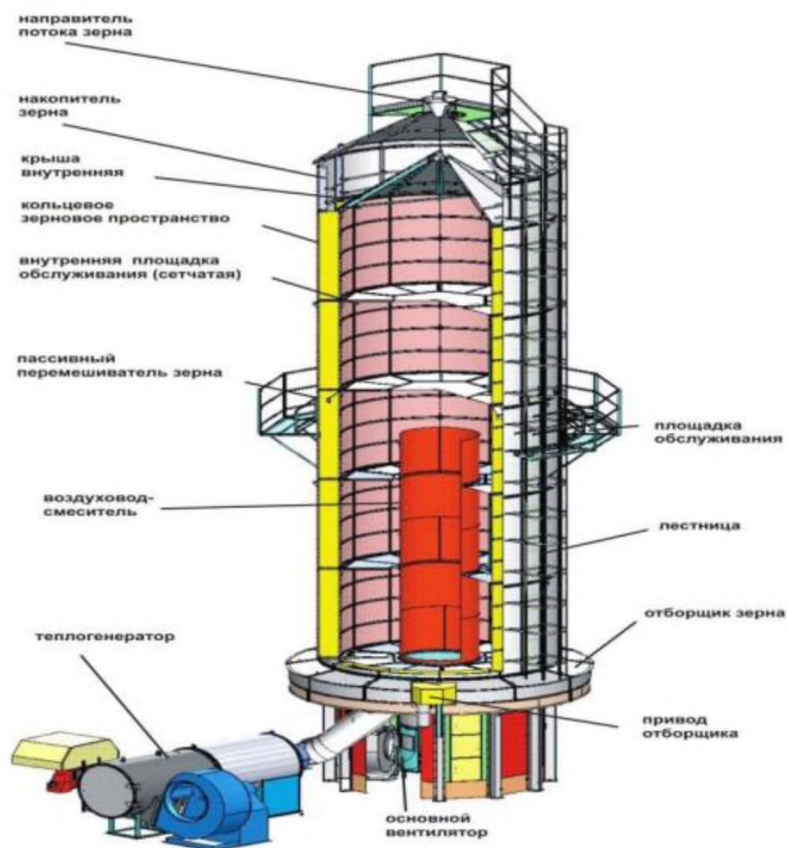


Рисунок 1.4 – Баштова зерносушарки

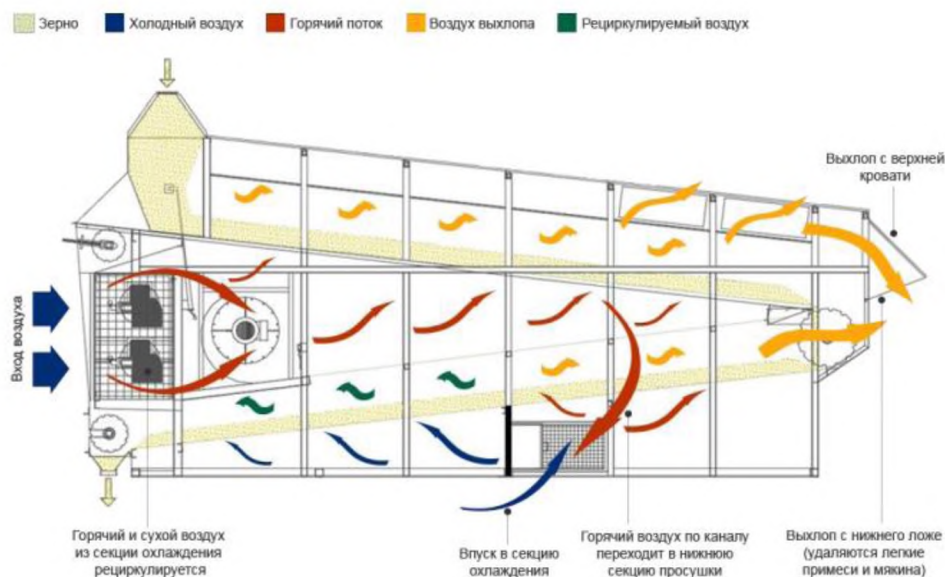


Рисунок 1.5 – Конвеєрна сушарка



Рисунок 1.6 – Барабанна сушарка

Найбільш вдалим для використання у потоково-технологічних лініях обробки зерна виявилися карусельні сушарки (рис. 1.7). Вони прості у виготовленні, легко вбудовуються в технологічний процес, що забезпечують механізацію основних операцій.

У карусельній сушарці вологий матеріал просушується теплим повітрям, нагрітим топковим блоком. Теплоносій, що нагнітається вентилятором через змішувач блоку і через дифузор, що подається під платформу сушильної камери, проходить через отвори в листах платформи та, пронизуючи шар зерна, відбирає з нього вологу.



Рисунок 1.7 – Карусельна сушарка

Технологія карусельної зерносушарки полягає в тому, що шар зерна, що знаходиться на гратчастій платформі, що обертається, продувається потужним потоком теплого повітря. У процесі сушіння відбувається рух тепла та вологи між зовнішніми поверхнями зернівок і їх внутрішніми шарами, крім того слід враховувати переміщення тепла і вологи між зовнішніми поверхнями зернівок і шаром теплоносія, що рухається.

У зв'язку з цим для інтенсифікації процесу сушіння зерно слід безперервно перемішувати. Висушене зерно, яке знаходиться в нижній частині шару, захоплюється гвинтовим транспортером і виводиться із сушарки, а верхній шар автоматично доповнюється вологим зерном. Саме повітря, яке проходить крізь такі верстви, повністю витрачає власну теплову енергію.

Представлену технологію прийнято вважати ідеальною, щоб зберегти всі наявні якості насіння та значно заощадити витрати палива. Сушарка працює за принципом потоку і в процесі роботи не відбувається пауз. Зерно знаходиться в зоні підвищеної температури мінімально необхідний час, а допустиме значення температури зерно має у нижній частині шару.

Всі процеси завантаження, вивантаження та сушіння виконуються точно та одночасно. Практично всі зерносушарки карусельні працюють в напівавтоматичному режимі і мають близько 5 або 6 швидкостей обертання платформи.

Є різні моделі карусельних сушарок, але загальний пристрій та принцип їхньої роботи приблизно однаковий. За відгуками господарств, карусельна сушарка СКУ витрачає у 2–2,5 рази менше палива порівняно з іншими сушарками.

Висновки до розділу

Аналіз роботи карусельних сушарок показав, що гвинтовий транспортер, що застосовується як розвантажувальний пристрій, захоплює одночасно висушене зерно, розташоване біля перфорованого днища і більш вологий матеріал, розташований біля кромки відсікача, що погіршує загальну якість обробленого матеріалу.

Метою досліджень є підвищення якості роботи карусельної сушарки за рахунок отримання однакової вологості обробленого матеріалу.

Новизною досліджень є постановка нового підходу до цієї проблеми.

Для вирішення поставленої мети визначено такі завдання досліджень:

1. Провести патентні дослідження та проаналізувати конструкції карусельних сушарок.

2. Розробити конструкцію карусельної сушарки, здатної отримати однакову вологість обробленого матеріалу.

3. Розрахувати лопатевий гвинт карусельної сушарки.

Реалізація завдань досліджень здійснена в такий спосіб. Проведений патентний пошук показує, відома карусельна сушарка, що містить раму, обнесену герметичним кожухом, в якому виконано вікно для подачі теплоносія, кільцеву сушильну камеру з перфорованим днищем, центральну вісь, встановлені на рамі

під камерою ролики, відсікачем, що має козирок, вивантажний транспортер, привід сушильної камери, що направляє лоток [4].

Недоліком даної карусельної сушарки є нерівномірна вологість обробленого матеріалу, так як розвантажувальний пристрій, виконаний у вигляді шнека, вивантажує одночасно дуже сухий матеріал, розташований біля перфорованого днища і більш вологий матеріал, розташований біля кромки відсікача, що погіршує загальну якість оброблення.

На підставі патентних та пошукових методів досліджень, для підвищення якості роботи карусельної сушарки, авторами пропонується оригінальна її конструкція [5].

2 ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ І ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Особливості імітаційного моделювання післязбиральної обробки зерна в умовах господарства

На стадії досліджень технологічних процесів післязбиральної обробки зерна (ПОЗ) в системі току було вибрано принцип функціонально-структурного моделювання процесів на основі побудови моделей імітаційного типу [8].

Одним з головних етапів розробки і реалізації імітаційної моделі є формалізація процесів ПОЗ в умовах току. Виділено наступні етапи формального опису моделі:

- 1) опис об'єктів проектування та розробка вербальної моделі;
- 2) декомпозиція системи на кінцеву кількість складових елементів і формування компонентів моделі;
- 3) розробка математичної моделі і подальша її алгоритмізація.

Розглянуто технологічний процес ПОЗ в умовах зернотоку – це досить складний процес переробки вхідного потоку сільськогосподарських культур, виділення домішок, пошкоджених насінин, сортування їх за питомою вагою та отримання високоякісного матеріалу.

Виробництво зерна в умовах току складається з наступних технологічних процесів:

- 1) формування зерна на пункті ПОЗ;
- 2) попереднє очищення в буртах;
- 3) попереднього очищення зерна в технологічній лінії;
- 4) аспірації зернового матеріалу;
- 5) сушіння зерна;
- 6) первинне та вторинне очищення зерна;
- 7) складування очищеного сипкого матеріалу.

На стадії формування зерна передбачається також зважування партій зернового матеріалу на вагах току, який надходить з поля, розвантаження транспортних засобів на спеціальному обладнанні, формування зернових потоків

на відкритих майданчика, визначення якісних характеристик зерна, формування бурту сипкого матеріалу системою машин для завантаження та транспортування.

Технологією попереднього очищення зернового вороху передбачається попереднє очищення, тобто видалення із зернової суміші, яка надходить з поля з поля, залишків соломи, рослин, частково полови та інших крупних, у тому числі випадкових домішок. Це підвищує сипучість зернового матеріалу, частково знижує його вологість, тим самим покращує подальший процес сушіння зерна, знижує енергозатрати на сушіння, крім того, такий зерно можна ефективно тимчасово зберігати в ємкостях активного вентилявання.

Машини, які призначені для попереднього очищення, повинні бути налаштовані на виділення як великих, так і найбільш вологих домішок і забезпечувати видалення не менше 60 ... 70% всіх бур'янистих та 98 ... 100% соломистих домішок.

Попереднє очищення виконується ворохоочищувачами і повітряно-решітними машинами.

На стадії сушіння зернової маси, технологічні режими роботи зерносушарок і їх регулювання визначаються вихідними умовами їх роботи і конструктивними особливостями.

Стадія сушіння зерна повинна забезпечувати кондиційну вологість (14-15%) вихідного матеріалу.

Технологічний процес ПОЗ в умовах току – досить складний та безперервний процес. Використовуючи системний цілісний процес функціонування технологічної лінії виробництва зерна можна представляємо у вигляді ряду взаємозв'язків: «Формування зернової маси на току», «Попереднє очищення в буртах», «Попереднє очищення зерна в зерно-сушильному комплексі», «Аспірація зерна», «Сушіння зерна», «Первинне очищення зерна», «Вторинне очищення зерна», «Складування очищеного зерна» (табл. 2.1).

В таблиці 2.1 наведено ряд технологічних операцій та технічних засобів:

C1 – підготовчо-заклучна операція;

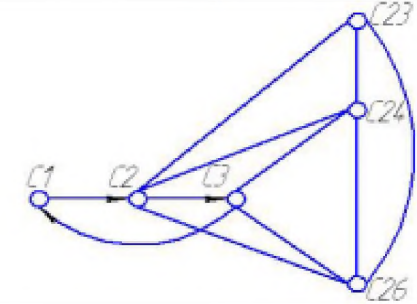
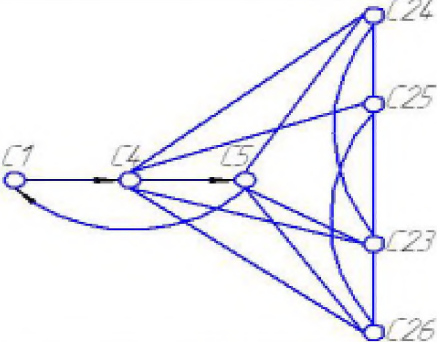
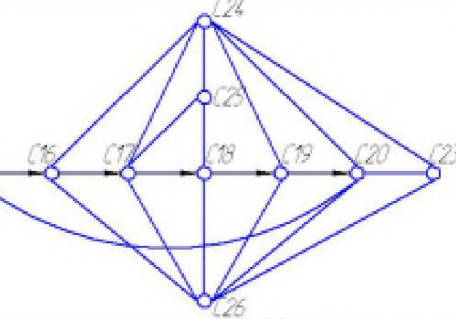
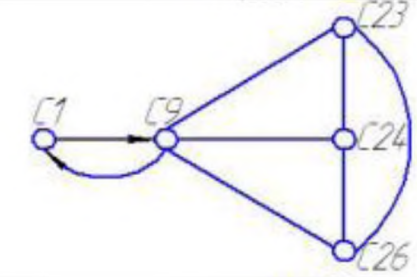
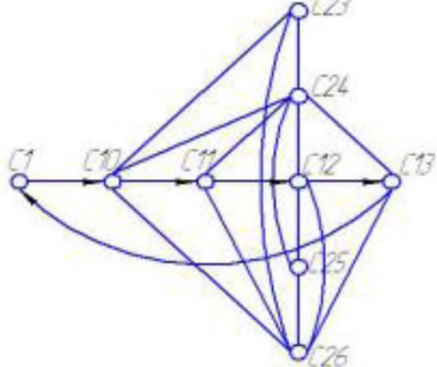
C2 – зважування зернової маси;

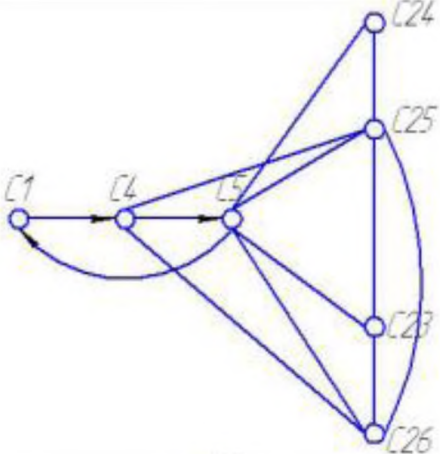
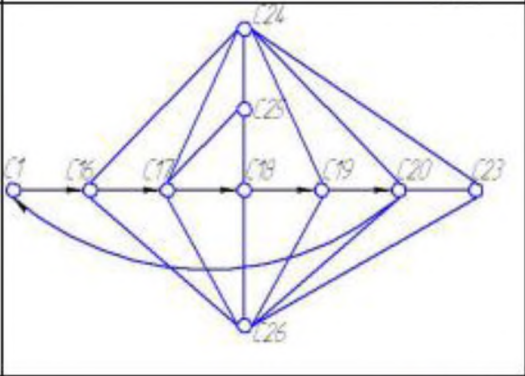
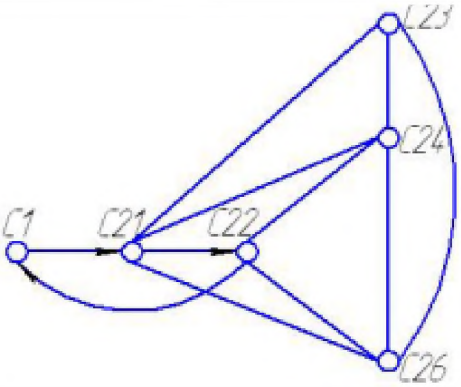
- C3 – формування зерна на току;
- C4 – попереднє очищення зерна в буртах на току;
- C5 – завантаження зернового вороху на транспортний засіб з буртів;
- C6 – транспортування матеріалу на попереднє очищення в комплексі;
- C7 – подача зерна на попереднє очищення;
- C8 – попереднє очищення;
- C9 – аспірація (уловлювання дрібних часточок пилу та органічних решток)

зерна;

- C10 – транспортування матеріалу на сушіння;
- C11 – подача зерна в сушильну камеру;
- C12 – сушіння зерна;
- C13 – контролювання якості зерна;
- C14 – транспортування зернової маси на первинне очищення;
- C15 – первинне очищення зерна;
- C16 – транспортування зернової маси на вторинне очищення;
- C17 – вторинне очищення зерна;
- C18 – формування потоків сипкого матеріалу;
- C19 – транспортування відходів та зерна після очищення;
- C20 – відвантаження відходів із зерно-очисного комплексу;
- C21 – складування кондиційного зерна в зерносховищі;
- C22 – подача зерна в силос;
- C23 – додаткові технологічні операції;
- C24 – відмова за технічних причин;
- C25 – відмова за технологічних причин;
- C26 – простий обладнання ППОЗ.

Таблиця 2.1 – Модель подій функціонування технологічного обладнання на пункті післязбиральної обробки зерна

Підсистема 1	Обладнання 2	Граф 3
Т1 – «Формування зерна току»	Зважування (ваги) – (C ₂) Зернометач (C ₃)	
Т2 – «Попереднє очищення зерна в буртах на току»; Т21 – «Попереднє очищення»; Т22 – «Завантаження зерна на автомобіль з буртів»	Машина попереднього очищення зерна (C ₄) Зернометач (C ₅)	
Т3 – «Попереднє очищення зерна в комплексі»; Т31 – «Транспортування зерна на попереднє очищення в комплексі»; Т32 – «Подача зерна на попереднє очищення»; Т33 – «Попереднє очищення в комплексі»	Автомобіль (C ₆) Ковшовий елеватор (норія) (C ₇) Скальператор (C ₈)	
Т4 – «Аспірація зерна»	Система аспірації зерна (C ₉)	
Т5 – «Сушіння зерна»; Т51 – «Транспортування зерна на сушіння»; Т52 – «Подача зерна в сушарку»; Т53 – «Сушіння зерна»; Т54 – «Контроль якості зерна»	Автомобіль (C ₁₀) Ковшовий елеватор (норія) (C ₁₁) Зерносушарка (C ₁₂) Система контролю якості зерна (C ₁₃)	

<p>T6 – «Первинне очищення зерна»; T61 – «Транспортування зерна на первинне очищення»; T62 – «Первинне очищення зерна»</p>	<p>Закритий скребковий транспортер (C₁₄) Сепаратор (C₁₅)</p>	
<p>T7 – «Вторинне очищення зерна»; T71 – «Транспортування зерна на вторинне очищення»; T72 – «Вторинне очищення зерна»; T73 – «Відвантаження відходів з комплексу»</p>	<p>Ковшовий елеватор (C₁₆) Трієр (C₁₇) Швидкодіюча задвижка (C₁₈) Транспортер (C₁₉) Автомобіль (C₂₀)</p>	
<p>T8 – «Складування зерна»; T81 – «Складування зерна в зерносклади»; T82 – «Транспортування зерна в силос»</p>	<p>Автомобіль (C₂₁) Ковшовий транспортер (C₂₂)</p>	

2.1 Обґрунтування конструкції карусельної сушарки

На рисунку 2.1 представлена схема карусельної сушарки та загальний вигляд лопатевого гвинта.

Карусельна сушарка складається з рами 1, на якій на роликах 2 встановлена кільцева сушильна камера 3 з перфорованим днищем 4. В середині кільцевої сушильної камери 3 встановлена центральна вісь 5, жорстко кріпиться до рами 1 і на якій закріплені завантаження виконані у вигляді лопатевого гвинта 7 з відсікачем 8, що має козирок 9. Вивантажувальний кінець лопатевого гвинта 7

розташований над направляючим лотком 10. Під напрямним лотком 10 встановлений вивантажний транспортер 11. Рама 1 обнесена герметичним шкірою 1. виконано вікно 13 для подачі теплоносія. На рамі 1 встановлена приводна станція 14, провідна зірочка 15 якої з'єднана ланцюговою передачею 16 із зубчастими секторами 17 приводу сушильної камери 3.

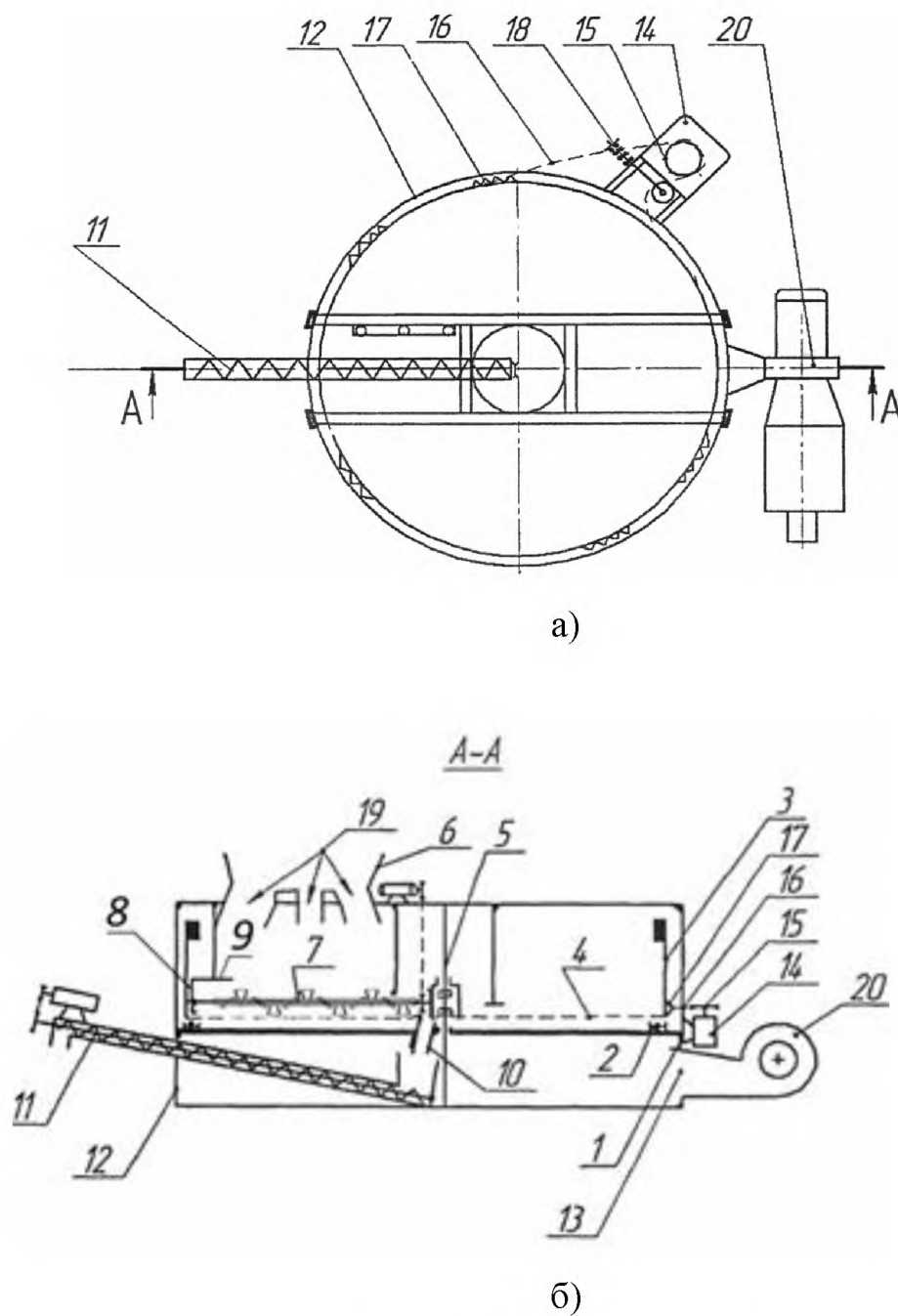


Рисунок 2.1 – Карусельна сушарка

Ланцюгова передача 16 забезпечена автоматичним натяжним пристроєм 18. У днищі завантажувального пристрою 6 встановлені розподільники 19 зернового потоку. Теплоносій подається в сушарку теплогенератором 20.

Карусельна сушарка працює в такий спосіб.

Перед завантаженням включають приводну станцію 14, від якої обертання через провідну зірочку 15 передається ланцюговою передачею 16 на зубчасті сектори 17 сушильної кільцевої камери 3. Зерновий матеріал через завантажувальний пристрій 6 рівномірно надходить на перфорований днище 4 кільцевої суш. У міру завантаження сушильної камери через вікно 13 у кожух 12 подається теплоносій, наприклад тепле повітря, яке рівномірно пронизує через перфорацію днища весь шар сипучого матеріалу. Першими висихають нижні шари сипучого матеріалу. Після цього включають лопатевий гвинт 7, який активно перемішує, розташований в зоні його дії, матеріал, що обробляється, просуваючи його до направляючого лотка 10. При цьому інтенсифікується процес сушіння, а весь шар оброблюваного матеріалу, розташованого від перфорованого днища 4 до відсікача 8 набуває однакової вологості.

Лопатевий гвинт 7 (рис. 2.2) зменшує обертання днища 4. Матеріал, зібраний і переміщуваний лопатевим гвинтом 7 потрапляє у вивантажувальний транспортер 11.

Після просушування першого шару матеріалу сушарка може працювати у потоковому режимі. Послаблення приводного ланцюга автоматично усувається натяжним пристроєм 18.

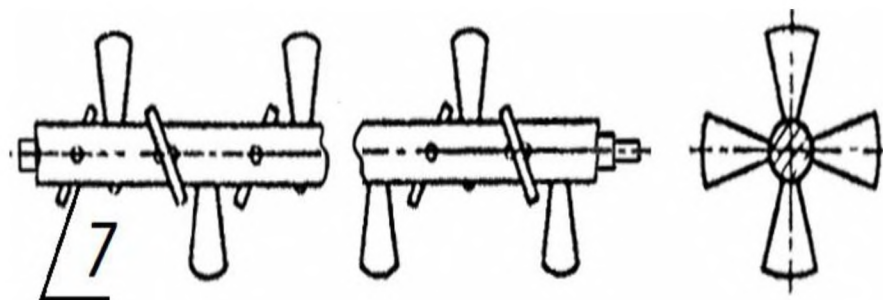


Рисунок 2.2 – Загальний вигляд лопатевого гвинта

Швидкість обертання валу лопатевого гвинта визначають з умови, при якій відцентрова сила, що повідомляється матеріалу лопаттю, що обертається [6] і повинна бути меншою або дорівнює силі тяжкості самого матеріалу, тобто

$$m\omega^2 R \leq mg, \quad (2.1)$$

де m - маса зерна, що переміщується лопатою, кг;

ω – кутова швидкість обертання валу лопатевого гвинта, с^{-1} ;

R – найбільший радіус лопаті, м;

g - прискорення вільного падіння ($g=9,81 \text{ м/с}^2$).

Максимально допустима частота обертання лопатевого валу гвинта n_{\max} буде при $m\omega^2 R = mg$.

Враховуючи, що $\omega = \pi n / 30$ визначимо максимально допустиму частоту обертання валу лопатевого гвинта n_{\max}

$$n_{\max} = \frac{30}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{g}{R}} \approx \frac{30}{\sqrt{R}} \quad (2.2)$$

Продуктивність лопатевого гвинта $Q_{\text{л}}$ визначається за формулою

$$Q_{\text{л}} = 60 \frac{\pi D^2}{4} \cdot t \cdot n_{\max} \cdot \rho \cdot \varphi = 15\pi D^2 \cdot e \cdot n_{\max} \cdot \rho \cdot \varphi, \quad (2.2)$$

де D – зовнішній діаметр лопатей, м;

t – крок розміщення лопатей, м;

ω – насипна щільність зерна, кг/м^3 ;

φ – коефіцієнт подачі, що залежить від конструкції лопатей та їх розташування на валу ($\varphi = 0,6 \dots 0,8$).

Потужність, яка потрібна на привід лопатевого гвинта $N_{\text{л}}$:

$$N_{л} = \frac{(P_p v_p + P_0 v_0)z}{1000} \quad (2.3)$$

де z – кількість працюючих лопатей, шт;

P_p – окружна складова сили опору зерна, що діє на лопать, Н;

P_0 – осьова складова сили опору зерна, діє на лопать, Н;

v_p – окружна швидкість точки докладання сили P_p , м/с;

v_0 – осьова швидкість точки докладання сили P_0 , м/с.

Застосування лопатевого гвинта дозволяє підвищити продуктивність сушарки та покращити рівномірність висушеного зерна.

2.3 Теоретичні дослідження процесу сушіння зерна

Відомий спосіб осцилюючої сушіння насіння, що полягає в тому, що агент сушіння та атмосферне повітря подаються в зони сушіння з розподільчої камери сушарки по черзі як імпульсів. Зазвичай температура агенту сушіння, що подається в 1,5...2 рази вище, ніж температура агенту сушіння, що подається в зони охолодження.

Час дії агенту сушіння на зерно приблизно в 2 рази більше часу дії атмосферного повітря та дорівнює 40 год при 2°C. Зони сушіння та охолодження чергуються. Однак навіть короткочасне нагрівання в щільному шарі не виключає можливості погіршення якості зерна [5].

Цей спосіб забезпечує інтенсифікацію процесу сушіння зерна, але він не є безпечним. Відомий спосіб сушіння зерна, що полягає в тому, що щільний шар зерна періодично продувають агентом сушіння та атмосферним повітрям, причому температура нагріву зерна не більше ніж на $\Delta\theta=5^\circ\text{C}$ вище гранично допустимого. Шар зерна заввишки до 0,2 м продувають агентом сушіння з температурою 60-90°C та швидкістю 0,4-0,8 м/с.

Цей спосіб сушіння за своєю технічною сутністю найближчий до заявленого і прийнятий за прототип, однак він не дозволяє точно визначити величину $\Delta\theta$ і не обмежує допустимі градієнти вологовмісту на поверхні зернівки, що не гарантує її якісних показників.

Технічним завданням винаходу є обґрунтування безпечних режимів осцилюючої сушіння насіння та зерна.

Поставлене завдання вирішується тим, що в способі сушіння, що осцилює, згідно якій шар зерна періодично продувають агентом сушіння та зовнішнім повітрям, згідно винаходу допустиму температуру нагрівання насіння при осцилюючому способі сушіння визначають з

$$\theta' = \theta_{\text{пд}} + \Delta\theta,$$

$$\Delta\theta \leq \frac{\text{grad}U_{n \text{ доп}} \cdot r \cdot \rho \cdot \delta^2 \cdot R}{\lambda \cdot \tau_{\text{н}}} \quad , (2.4)$$

де $\theta_{\text{пд}}$ – допустима температура нагріву зерна при осцилюючому режимі та гранично допустима температура нагріву зерна (при постійному температурному режимі), °С;

$\Delta\theta$ – збільшення температури насіння, °С;

U_0 – початковий вміст вологи зерна, кг вл./кг сух.мат.;

$\text{grad} U_{n \text{ доп}}$ – поверхневий допустимий градієнт вмісту вологи, кг вл./кг сух.мат. м;

r – питомі витрати тепла на випаровування вологи, кДж/кг;

ρ, δ – щільність та товщина оболонки зернівки, кг/м³ та м;

λ – теплопровідність оболонки, Вт/м·°С;

τ – тривалість сушіння, хв;

R – радіус зернівки, м;

n – коефіцієнт, $n = \tau_{\text{ох}}/\tau_{\text{н}}$;

$\tau_{\text{ох}}, \tau_{\text{н}}$ – тривалість продування зовнішнім повітрям та агентом сушіння, год.

Спосіб сушіння пояснюється кресленням.

На кресленні зображено загальну схему пристрою. До складу пристрою входять сушильна камера 1, дифузор 2, ґрати 3, пульт управління 4, заслінки 5, вентилятор 6 та калорифер 7.

Спосіб здійснюють наступним чином. Визначають вихідну вологість зерна (насіння), їх масу в сушильній камері, кінцевої вологості оцінюють тривалість сушіння, розраховують гранично допустиму температуру нагріву, вибирають співвідношення періодів охолодження та нагрівання в циклі (на практиці $0,5 \leq n \leq 1,5$), обчислюють збільшення $\Delta\theta$ з умови термостійкості, і перевіряють за допустимим градієнтом вмісту води $grad U_n \text{ доп} = \Delta\delta/\delta$ та розраховують температуру агента сушіння, яка обумовлює безпеку режиму.

Роботу сушарки здійснюють наступним чином. У сушильну камеру 1 завантажують насіння, вирівнюють шар у всіх секціях, включають вентилятор 6, заслінками 5 встановлюють задану витрату агента сушіння, включають калорифер 7 і з пульта 4 встановлюють розраховану температуру агента сушіння включенням відповідних секцій калориферу.

Гранично допустиму температуру нагріву насіння $\theta_{нд}$ визначають

$$\theta_{нд} = \frac{2350}{0,37(100-W)+W} + 20 - 10 \log \tau, \quad (2.5)$$

де W – початкова вологість насіння, %;

τ – тривалість сушіння, хв.

Для продовольчого зерна до $\theta_{нд}$ додають 5°C , а для фуражного - 10°C .

Відповідно до умов термостійкості насіння прирощення $\Delta\theta$ з матиме вигляд:

$$\Delta\theta = 10 \left(\log \tau - \log \frac{\tau}{n+1} \right), \quad (2.6)$$

n – коефіцієнт, $n = \tau_{ох}/\tau_n$;

$\tau_{ох}$, τ_n – тривалість продування зовнішнім повітрям та агентом сушіння, год.

Справді, при симетричному осцилюючому режимі $\tau_{ox}=\tau_n$ і

$$\Delta\theta = 10 \left(\log \tau - \log \frac{\tau}{2} \right). \quad (2.7)$$

Крім термостійкості слід враховувати інтенсивність зневоднення, тобто. Допустимого поверхневого градієнта вмісту вологи $grad U_{n\ доп}$, який не повинен перевищувати певну величину (зародок насіння пшениці знаходиться на поверхні зернівки).

Замінімо рівняння балансу теплоти та вологи в оболонці зернівки товщиною δ в вигляді:

$$\lambda \frac{\Delta\theta}{R} = r \Delta U \rho \frac{\delta}{\tau_n}, \quad (2.8)$$

де λ – теплопровідність оболонки, Вт/м·°С;

r – питомі витрати теплоти на випаровування вологи, кДж/кг;

ΔU – вологознімання в оболонці, кг вл./кг с.в.;

ρ – густина речовини оболонки, кг/м³;

τ_n – тривалість продування агентом сушіння, год;

R – радіус зернівки, м.

Оболонка зернівки на відміну від ядра має пористу структуру та коефіцієнт дифузії вологи в ній на порядок нижчі, ніж у ядрі, тому вона зневоднюється майже до вологості, близької до рівноважної, за збереження практично постійної вологості ядра та величину ΔU з невеликими припущеннями можна виразити:

$$\Delta U = \frac{U_0 \delta}{R} grad U_{п\ доп} \quad (2.9)$$

де U_0 , ΔU – початковий вміст вологи зерна і вологознімання в оболонці, кг вл./кг сух.м.;

δ – товщина оболонки зернівки, м.

Вираз (2.8) щодо $\Delta\theta$ має вигляд

$$\Delta\theta = \frac{\text{grad}U_{n_{\text{доп}}} \cdot r \cdot \rho \cdot \delta^2 \cdot R}{\lambda \cdot \tau_{\text{н}}}$$

Висновки до розділу

В даному розділі кваліфікаційної роботи магістра:

- 1) наведений алгоритмічний опис імітаційної моделі технологічного процесу післязбиральної обробки зерна в умовах току, які створені на основі розробленої вербальної моделі;
- 2) обґрунтовано конструкцію модернізованої карусельної сушарки;
- 3) теоретично досліджено процес осцилюючого сушіння зерна.

3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Параметрами процесу сушіння насіння трав, контрольованими при дослідженнях, є наступні: температура теплоносія в повітроводі (дифузори) сушарки, температура зерна до сушіння, температура насіння трав у шарі при сушінні, температура насіння трав після сушіння, відносна вологість насіння до сушіння, відносна вологість насіння після сушіння, висота шару зерна.

3.1 Методика визначення раціонального режиму сушіння зерна у лабораторних умовах

Методи відбору проб насіння та визначення їх вологості представлені у ГОСТ 13586.3-83 та ГОСТ 13586.5-93.

Дослідження процесу сушіння насіння проводились з метою визначення режимних параметрів процесу сушіння. Досліди проводили на лабораторній установці зображеній на рис. 3.1.

Для проведення експериментальних досліджень сушіння зерна використовували розроблену лабораторне устаткування (рис. 3.1 та рис. 3.2)

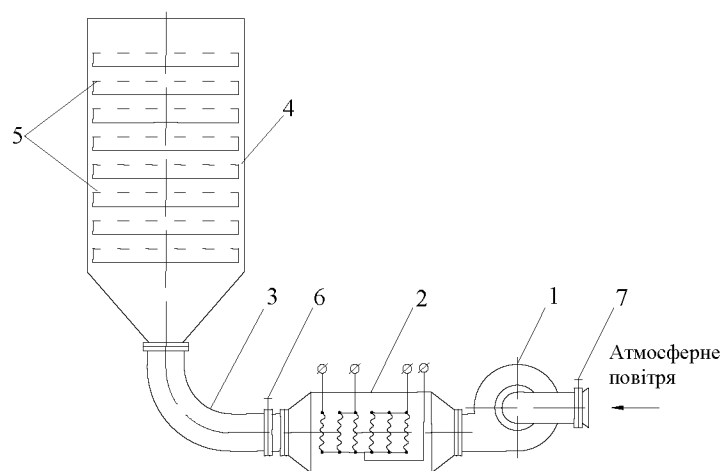


Рис. 3.1. Схема лабораторної установки для дослідження процесу сушіння сипкого матеріалу: 1 – вентилятор; 2 – калорифер; 3 – гнучке з'єднання; 4 – сушильна камера; 5 – касети з перфорованим днищем; 6, 7 – заслінки.

Установка, яка складається з вентилятора 1, калорифера 2, гнучкого з'єднання 3, сушильної камери 4, де встановлено вісім касет з перфорованим днищем 5. Для регулювання температури теплоносія, який подається в сушильне відділення, нагрівальні елементи калорифера обладнані вимикачами. Для регулювання витрати і швидкості подачі теплоносія встановлена заслінка 6 на входному отворі калорифера та заслінка 7 на вході вентилятора. При необхідності подачі атмосферного повітря калорифер вимикають.



Рис. 3.4. Лабораторна установка для дослідження процесу сушіння сипкого матеріалу

Вологе атмосферне повітря вентилятором подається до калорифера, де нагрівається до заданої температури, а повітропроводом – у камеру сушіння. В сушильній камері теплоносія проходить крізь касети, наповнені зерном. Відпрацьований теплоносії виводиться із сушильної камери.

Експериментальне дослідження процесу сушіння насіння проводились після пуску установки, встановлення потрібних теплових теплоносія, підготовки партії матеріалу і визначення режиму підводу теплоносія.

При ввімкненому вентиляторі за допомогою заслінки, що встановлена на всмоктувальному отворі вентилятора і вимикачів калорифера встановлювали необхідний температурний режим та швидкість подачі теплоносія. При цьому, певний час (10 – 15 хв), установка працювала в холостому режимі. Після чого відключали вентилятор.

Перед проведенням дослідів матеріал і касети зважили. Заповнені та пронумеровані касети вставляли в сушильну камеру вертикально одна на одну і розпочинали процес сушіння. Зважування касет разом із матеріалом здійснювали через кожні 10 хвилин протягом часу сушіння. Після чого касету з зерном знову встановлювали у лабораторну установку та продовжували сушіння. Підраховуючи різницю між масою касети із матеріалом та порожньої касети визначали масу матеріалу. Шляхом проведення розрахунків встановлювали зміну відносної вологості матеріалу за формулою:

$$W_i = 100 - \frac{m_0}{m_i} (100 - W_0) \quad (3.1)$$

де W_0 та W_i – початкова відносна вологість матеріалу та після i -го заміру, %;

m_0 та m_i – маса матеріалу початкова та після i -го заміру, кг.

Сушіння зерна здійснювалось за трьома варіантами.

За першим варіантом матеріал вентилювався тільки сушильним агентом з температурою $50 \div 55^\circ\text{C}$ протягом усього часу сушіння, який становив для всіх варіантів 60 хв.

В другому варіанті у сушильну камеру подавали атмосферне повітря, температура якого $19 \div 23^\circ\text{C}$.

У третьому варіанті сушіння відбувалося при поперемінній подачі теплоносія і атмосферного повітря. При цьому періоди подачі теплоносія та атмосферного повітря були рівними між собою.

Досліди проводили із трикратною повторюваністю.

3.2 Методика дослідження процесу сушки зерна на карусельній сушарці

Вилучення матеріалу до сушіння для визначення його вологості здійснюється з падаючого струменя завантажувального пристрою сушильної

установки. Виїмка зерна після сушіння проводиться з падаючого струменя вивантажувального пристрою сушильної установки. Виїмка проводиться пластмасовою ємністю з кришкою об'ємом не менше 0,5 літри. Визначення вологості проводиться вологоміром Wile-35. Вилучення насіння з просушеного шару для визначення вологості проводиться пробовідбірником на глибину до 0,5м.

Температура теплоносія регулюється перемиканням регулятора подачі палива пальники теплогенератора. Зміна температури теплоносія на вході вимірюється спиртовим термометром ТТ, вставленим у повітропровід. У шарі зерна та на виході з шару зерна температура теплоносія вимірюється термоанемометром ТКА-ПКМ (модель 43) закритим сіткою вимірювальним приладом. Вологість теплоносія на вході (у повітроводі), у шарі насіння і на виході з шару вимірюється за допомогою термоанемометра ТКА-ПКМ (модель 43).

Продуктивність сушарки визначається за вагою відсічок висушеного зерна за певний проміжок часу. Число відсічок за досвід має бути не меншим п'ятьох. Протягом відсічення насіння відводиться у спеціальну тару, зважується на терезах АВ 875. Час відсікання заміряється секундоміром СОСпр-26-2-000. Перерахунком визначається продуктивність по сухому насінню в кілограмах за одну годину Q_c за формулою:

$$Q_c = 60 \frac{\sum_{i=1}^n M_i}{\sum_{i=1}^n T_i} \quad (3.2)$$

де M_i - маса i -того відсічення, кг;

T_i - час відбору i -того відсічення, с;

Прилади, що використовуються при проведенні досліджень процесу сушіння у сушарці карусельного типу, які застосовуються при дослідженні, наведені нижче:

- вологомір ручний Wile-35;
- лінійка сталева 600 мм;

- ваги ВЛКТ-500;
- термометр спиртовий (0-100°C) ТТ;
- термометр спиртовий (0 – 50°C) ТТ;
- секундомір механічний СОСпр-26-2-000;
- термоанемометр ТКА-ПКМ (модель 43);
- ваги ручні АВ-875;
- місткість для відбору проб.

Для отримання залежності тривалості сушіння від середньої температури теплоносія дослідження проводилися на зерні пшениці шаром завтовшки до 0,45 м. Шар був умовно поділений на три зони, кожна з яких мала товщину 0,15 м: зона А - товщина шару від 0 до 0,15 м; зона – товщина шару від 0,15 до 0,3 м; зона С – товщина шару від 0,3 до 0,45 м.

На експериментальній сушильній установці проведено досліди, що встановлюють вплив трьох основних факторів: температура теплоносія у повітроводі; витрата теплоносія; товщина шару насіння. Раціональні значення факторів визначили шляхом проведення попередніх досліджень та аналізу літератури [3, 5, 6].

Висновки до розділу

У третьому розділі описані експериментальні установки, використані прилади та обладнання, програма експериментальних досліджень, складена відповідно до поставлених задач, загальноприйнятих та авторських методик.

РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Експериментальні дослідження процесу сушіння показали, що температура теплоносія у міру проходження його через шар насіння знижується. Отже, при цьому знижується температура насіння, що висушується (табл. 4.1).

При проведенні дослідів у кожному з трьох зон закладалися термометри за допомогою яких визначалася зміна температури теплоносія у шарі у цій зоні.

Таблиця 4.1 – Зміна вологості та температури при сушінні зерна пшениці по висоті шару *)

Перелік шарів сушіння	Вологість зерна за шарами, %	Температура зерна за шарами, °С
Верхній шар 45 см	23,4	20,5
Зона С	22,8	24,0
Зона В	21,1	36,0
Зона А	15,8	44,5
Нижній шар 1 см	14,2	49,0

*) параметри досвіду: початкова вологість насіння 22,1%, температура теплоносія 55 °С, час сушіння 120 хв.

Отже, кожен окремий шар сохне з різною швидкістю. Температура насіння в зоні А при температурі теплоносія, що встановилася, через 30 хвилин після початку сушіння нижче за неї на 12°С. Температура в зоні складала 28°С. Температура насіння в зоні С через 60 хвилин сушіння більш ніж у 2 рази нижче температури теплоносія та становила 22°С.

Швидкість випаровування вологи з насіння кожної зони різна, причому чим вище розташована зона у напрямку руху теплоносія, тим повільніше сохне насіння (рис. 4.1)

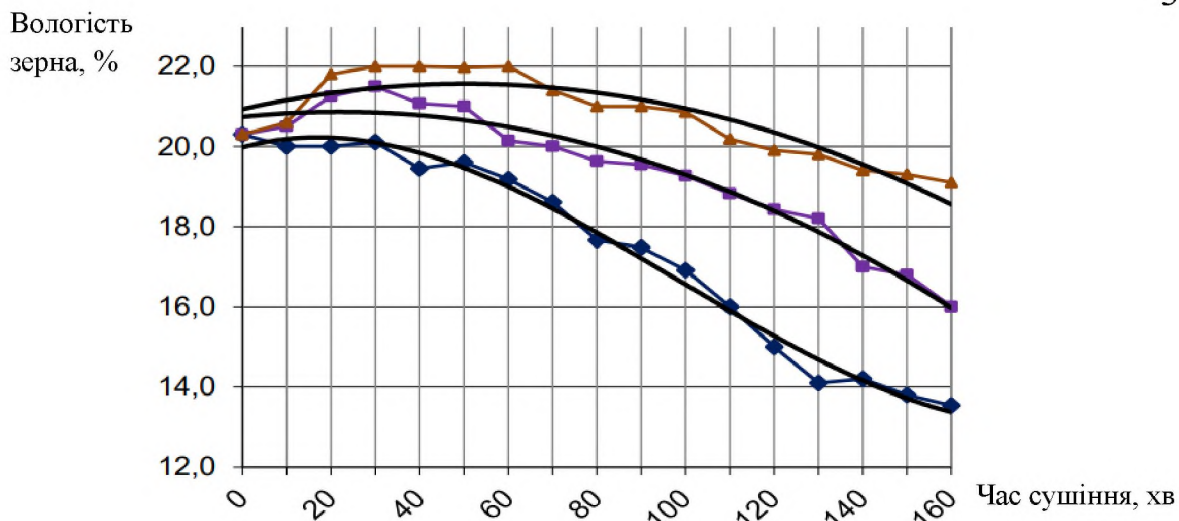


Рисунок 4.1 – Зміна вологості насіння вівсяниці лучної по зонах (А, В, С) протягом дослідження при початковій вологості 20,5%

Залежність вологості насіння W , (%) від часу сушіння t , (хв) у шарі 15 см (зона А) представлена наступним виразом:

$$W = 3,54 \cdot 10^{-6} t^3 - 1,03 \cdot 10^{-3} t^2 + 0,033 \cdot t + 19,9, R^2 = 0,99$$

Графік сушіння нижнього шару насіння у карусельній сушарці показує, що через 2,5 години необхідно включати вивантажувальний транспортер та вивантажувати нижній шар (зона А) висушеного насіння, при цьому верхні шари насіння виявляться внизу, а зверху необхідно довантажувати сушарку невисушеним насінням.

Процес сушіння верхніх шарів насіння можна поділити на два періоди. У початковий період верхній шар насіння перезволожується, у наступному періоді вологість знову знижується. При шарі більше оптимального, верхня частина цього шару не сохне, а зволожується. Це відбувається в тому випадку, якщо температура насіння нижче температури адиабатичного насичення повітря, що відповідає завершенню процесу сушіння насіння.

Особливостями процесу сушіння насіння багаторічних трав є відносно невисока (до 55 °С) температура теплоносія у зв'язку з високою вологістю зерна. При вищій температурі сушіння відбувається утворення тріщин на

поверхні насіння, що в свою чергу впливає на збереження та схожість насіння високих репродукцій на етапах селекції та насінництва.

Висновки до розділу

На підставі результатів багатofакторного експерименту можна зробити такі висновки:

1. Пропонований змішувач-розкидач мінеральних добрив забезпечує найкращу якість розподілу кожного з компонентів суміші (нерівномірність 7-8%) при довжині змішувальної камери 0,2 м, установці спіралі з ставленням її кроку до діаметра 0,8 та кутової швидкості 21 c^{-1} .

2. Розроблений змішувач-розкидач мінеральних добрив забезпечує якісне змішування та розподіл добрив при довжині змішувальної камери $L_{\text{cm}}=0,16...0,22$ м, відношенні кроку спіралі до її діаметру - $0,5...1,0$ при кутовий швидкості спіралі до 30 c^{-1} .

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У даній кваліфікаційній роботі:

1. Розглянуто питання, пов'язані з процесом післязбирального дороблення зерна – сушінням.
2. Запропоновано оригінальне конструкторське рішення щодо модернізації карусельної сушарки, що дозволяє підвищити якість її роботи за рахунок отримання однакової вологості обробленого матеріалу. Карусельна сушарка, що містить раму, обнесену герметичним кожухом, в якому виконано вікно для подачі теплоносія, кільцеву сушильну камеру з перфорованим днищем, центральну вісь, встановлені на рамі під камерою ролики, завантажувальний і розвантажувальний пристрій з відсікачем, камери, що направляє лоток, відрізняється тим, що розвантажувальний пристрій виконано у вигляді лопатевого гвинта.
3. Теоретично і експериментально досліджено процес сушіння зерна.
4. Дано методичку розрахунку лопатевого гвинта карусельної сушарки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Михайлов Є.В. Післязбиральна обробка зерна у господарствах півдня України: монографія / Є.В. Михайлов Мелітополь: Люкс. 2012. - 260 с.
2. Сидорчук О.В. Інженерія машинних систем. Монографія. [Текст] / О.В. Сидорчук – К.: ННЦ "ІМЕСГ" УААН, 2007. – 263 с.
3. Котов Б.І. Системно-проектний підхід до управління комплексом машин на току / Б.І. Котов, С.П. Степаненко, В.О. Швидя // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2012. – Вип. 12, том 5. – С. 78-85.
4. Берник П.С. Оптимізація ресурсозберігаючої технології вібраційного сушіння високовологого насіння / П.С. Берник, О.В. Цуркан, О.О. Герасимов // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – 2006. – Вип. 44. – С. 3 – 10.
5. Гапонюк І.І. Удосконалення технології сушіння зерна : монографія / І. І. Гапонюк. – Одеса : Поліграф, 2009. – 182 с.
6. Дідух В.Ф. Науково-технологічні основи механізованого сушіння неоднорідних матеріалів: дис. ... доктора техн. наук: 05.05.11 / Володимир Федорович Дідух. – Луцьк, 2003. – 274 с.
7. Дідух В.Ф. Підвищення ефективності сушіння сільськогосподарських матеріалів: монографія / В.Ф. Дідух . – Луцьк: ЛДТУ, 2002. – 165 с.
8. Забродоцька Л.Ю. Дослідження та вдосконалення процесу сушіння вороху насіння трав : Монографія / Л.Ю. Забродоцька, Р.В. Кірчук. – Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛНТУ, 2011. – 164 с.
9. Цуркан О. В. Аналіз вібраційних технічних засобів для сушіння насіння гарбуза / О. В. Цуркан // Вібрації в техніці та технологіях. – 2021. – № 4 (103). – С. 5 – 14.
10. Цуркан О. В. Обґрунтування раціонального способу та обладнання для сушіння високовологого насіння баштанних культур / О. В. Цуркан // Вісник

Хмельницького національного університету. Серія: «Технічні науки». – 2022. – № 1 (103). – С. 240 – 246.

11. Determination the parameters and modes of new heliocollectors constructions work for drying grain and vegetable raw material by active ventilation / В. Kotov, А. Spirin, R. Kalinichenko [et al.] // Research in Agricultural Engineering. – 2019. – № 1 (65). – P. 20 – 24.

12. Цуркан О. В. Інтенсифікація сушіння зерна у процесі його післязбиральної обробки / О. В. Цуркан, В. М. Пришляк, Д. В. Присяжнюк // Техніка енергетика, транспорт АПК. – 2017. – № 2 (97). – С. 99 – 104.

13. Станкевич Г. М. Сушіння зерна : підручник / Г. М. Станкевич, Т. В. Страхова, В. І. Атаназевич. – К. : Либідь, 1997. – 352 с.

14. Енергетичні ресурси і потоки / А. К. Шидловська, Ю. О. Віхорєєв, В. О. Гінайло [та ін.] ; під заг. ред. А. К. Шидловського. – К. : Українські енциклопедичні знання, 2003. – 472 с.

15. Research of the process of vibroozone drying of grain / О. Tsurkan, D. Prysiazhniuk, А. Spirin [et al.] // Przegląd Elektrotechniczny. – 2022. – № 12. – P. 329 – 333.

16. Research of the energy parameters of the vibro-ozonation complex / О. Tsurkan, D. Prysiazhniuk, А. Spirin [et al.] // Przegląd Elektrotechniczny. – 2023. – № 6. – P. 39 – 44.

17. Ткаченко С.Й. Сушильні процеси та установки : навчальний посібник / С.Й. Ткаченко, О.Ю. Співак – Вінниця: ВНТУ, 2007. – 76 с.

18. Бондар О. Сушильне та очисне обладнання для зерна // Агроексперт практичний посібник аграрія – 2009. – №11(16). – С.102–105.

ДОДАТКИ

