

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до кваліфікаційної роботи
ступеня вищої освіти «Бакалавр»
на тему:

**Удосконалення ділянки сушіння технологічної
лінії з первинної обробки насіння олійних
культур**

Виконав: здобувач вищої освіти 4 курсу,
групи ХТ-1-22 освітньо-професійної програми
«Харчові технології» зі спеціальності 181
«Харчові технології»

_____ Владислав ДІЙНЕГА

Керівник: _____ Ігор КУДРЯВЦЕВ

Дніпро 2026

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Освітньо-професійна програма: «Харчові технології»

Спеціальність: 181 «Харчові технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
харчових технологій,
кандидат технічних наук, доцент
Віталій КОШУЛЬКО

(підпис)

«01» травня 2026 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧЕВІ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Дійнегі Владиславу Вікторовичу

1. Тема роботи: «Удосконалення ділянки сушіння технологічної лінії з первинної обробки насіння олійних культур».

Керівник роботи: Кудрявцев Ігор Миколайович, доктор філософії, асистент, затверджені наказом закладу вищої освіти від «01» травня 2026 року № 875.

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи 08 червня 2026 року.

3. Вихідні дані до роботи: 1. Технологія первинної обробки насіння соняшника.

2. Наукова, нормативна, навчальна, технологічна, технічна та патентна документація.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1 Загальна частина. 2 Технологічна частина. 3 Проектна частина. 4 Впровадження елементів системи НАССР. 5 Охорона праці захист навколишнього середовища. 6 Техніко-економічне обґрунтування. Загальні висновки. Бібліографія.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1 Мета і завдання досліджень. 2 Технологічна частина. 3 Проектна частина. 4 Впровадження елементів системи НАССР. 5 Карта безпеки праці. 6 Техніко-економічне обґрунтування. Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-6	Асистент КУДРЯВЦЕВ Ігор	01.05.26	08.06.26

7. Дата видачі завдання 01 травня 2026 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	01.05-04.05.26	виконано
2	Загальна частина	05.05-07.05.26	виконано
3	Технологічна частина	08.05-14.05.26	виконано
4	Проектна частина	15.05-21.05.26	виконано
5	Впровадження елементів системи НАССР	22.05-31.05.26	виконано
6	Охорона праці захист навколишнього середовища	01.06-02.06.26	виконано
7	Техніко-економічне обґрунтування	02.06-03.06.26	виконано
8	Формулювання висновків по роботі та списку використаних джерел	04.06-05.06.26	виконано
9	Підготовка демонстраційного матеріалу	05.06-08.06.25	виконано

Здобувач вищої освіти _____ Владислав ДІЙНЕГА
(підпис)

Керівник роботи _____ Ігор КУДРЯВЦЕВ
(підпис)

РЕФЕРАТ

Тема: «Удосконалення ділянки сушіння технологічної лінії з первинної обробки насіння олійних культур»

Кваліфікаційна робота містить: 64 сторінки, 11 рисунків, 14 таблиць, 36 літературних джерел.

Метою дипломної роботи є обґрунтування напрямів удосконалення ділянки сушіння технологічної лінії первинної обробки насіння олійних культур з метою збереження якісних показників насіння під час зберігання і подальшої переробки.

Об'єктом дослідження є технологічний процес первинної обробки насіння олійних культур, зокрема соняшника.

Предметом дослідження є ділянка сушіння технологічної лінії, параметри сушіння насіння соняшника та технічні рішення щодо підвищення ефективності роботи сушильного обладнання.

У дипломній роботі розглянуто питання удосконалення ділянки сушіння технологічної лінії первинної обробки насіння олійних культур. Олійні культури, зокрема соняшник мають важливе значення для харчової, кормової, олійно-жирової та переробної промисловості. Його насіння характеризується підвищеним вмістом жиру, біологічною активністю та чутливістю до порушення режимів післязбиральної обробки.

У роботі обґрунтовано необхідність удосконалення процесу сушіння як одного з ключових етапів підготовки насіння до зберігання та подальшої переробки. Запропоновані технічні й технологічні рішення спрямовані на підвищення продуктивності сушильної ділянки, зменшення енерговитрат, поліпшення рівномірності сушіння та збереження якісних показників насіння олійних культур.

Ключові слова: насіння соняшника, первинна обробка, сушіння, сушильна ділянка, технологічна лінія, вологість, енергоефективність, якість насіння, модернізація обладнання, зберігання насіння.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА.....	9
1.1 Значення олійних культур, зокрема насіння соняшника, для агропромислового комплексу та переробної промисловості	9
1.2 Характеристика насіння соняшника, як об'єкта первинної обробки	13
Висновки за розділом	17
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	19
2.1 Опис досліджуваної технологічної лінії.....	19
2.2 Пропозиції щодо удосконалення ділянки сушіння технологічної лінії з первинної обробки насіння соняшника	22
2.3 Характеристика технологічної лінії після удосконалення	23
Висновки за розділом	27
3 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА	28
3.1 Технологічний розрахунок та визначення кількості технологічного обладнання	28
3.2 Характеристика обладнання лінії з первинної обробки насіння соняшника.	32
3.3 Особливості компонування технологічного обладнання у виробничому приміщенні цеху.....	40
Висновки за розділом	45
4 ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ НАССР	46
Висновки за розділом	48
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	49
5.1 Розробка карти безпеки праці під час сушіння насіння соняшника	49
5.2 Шляхи утилізації відходів на підприємствах з первинної обробки насіння олійних культур.....	51
Висновки за розділом	53
6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	54
6.1. Вихідні дані для розрахунку	54

6.2 Розрахунок капітальних вкладень	55
6.3 Розрахунок економії експлуатаційних витрат	56
6.4 Розрахунок додаткового доходу від збільшення обсягів приймання.....	56
6.5 Розрахунок ефекту від зменшення втрат насіння.....	57
6.6 Економія витрат на ремонт та обслуговування	57
6.7 Загальний річний економічний ефект	57
6.8 Розрахунок строку окупності капітальних вкладень	58
6.9 Розрахунок коефіцієнта економічної ефективності	58
Висновки за розділом	59
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	60
БІБЛІОГРАФІЯ.....	62

ВСТУП

Олійні культури є однією з найважливіших груп сільськогосподарських культур, що мають значну продовольчу, кормову та промислову цінність. В Україні провідне місце серед них займає соняшник, однак важливе значення також мають ріпак, соя, льон, гірчиця, рицина, сафлор та інші культури. Насіння цих культур використовується для виробництва рослинної олії, шротів, макухи, білкових кормів, харчових добавок, біодизелю та продукції технічного призначення.

Особливістю насіння олійних культур є високий вміст ліпідів, що зумовлює його підвищену енергетичну цінність, але водночас робить більш вимогливим до умов післязбиральної обробки та зберігання. За підвищеної вологості в насіннєвій масі активізуються процеси дихання, самозігрівання, розвиток пліснявих грибів і мікроорганізмів, що може призвести до погіршення органолептичних, технологічних і посівних властивостей насіння. Крім того, порушення температурних режимів сушіння може спричинити пошкодження структури насіння, зниження схожості, погіршення якості олії та збільшення втрат сировини.

Сушіння є одним із найвідповідальніших етапів первинної обробки насіння олійних культур. Його основне завдання полягає у доведенні вологості насіння до рівня, безпечного для тривалого зберігання та подальшої технологічної переробки. Для різних олійних культур вимоги до режимів сушіння можуть відрізнятися, оскільки насіння має різні розміри, щільність, вміст жиру, оболонковість і стійкість до теплового впливу. Саме тому сушильна ділянка повинна забезпечувати гнучке регулювання температури, швидкості руху теплоносія, тривалості обробки та рівномірності прогрівання насіннєвої маси.

На багатьох підприємствах первинної обробки насіння олійних культур сушильне обладнання не завжди відповідає сучасним вимогам енергоефективності, продуктивності та якості обробки. До основних проблем належать нерівномірне висушування, підвищені витрати палива й електроенергії, недостатній контроль вологості, перегрівання окремих шарів насіння, втрати маси

та погіршення технологічних властивостей сировини. У зв'язку з цим удосконалення ділянки сушіння є актуальним напрямом підвищення ефективності всієї технологічної лінії первинної обробки.

Раціональне вдосконалення сушильної ділянки дозволяє підвищити надійність роботи підприємства, зменшити втрати насіння, забезпечити стабільну якість сировини та створити належні умови для її зберігання і переробки. Тому тема дипломної роботи є актуальною та має практичне значення для підприємств, що займаються післязбиральною обробкою, зберіганням і переробкою насіння олійних культур.

Метою дипломної роботи є обґрунтування напрямів удосконалення ділянки сушіння технологічної лінії первинної обробки насіння олійних культур з метою збереження якісних показників насіння під час зберігання і подальшої переробки.

Для досягнення поставленої мети передбачено вирішення таких завдань:

- проаналізувати значення олійних культур, зокрема насіння соняшника, для агропромислового комплексу та переробної промисловості;
- охарактеризувати насіння соняшника як об'єкт первинної обробки та сушіння;
- розглянути існуючу технологічну лінію первинної обробки насіння соняшника, зокрема ділянки сушіння та виявити її основні недоліки;
- запропонувати технічні або технологічні рішення для підвищення ефективності сушіння;
- обґрунтувати склад удосконаленої технологічної лінії;
- обґрунтувати економічну доцільність упровадження запропонованих рішень.

Об'єктом дослідження є технологічний процес первинної обробки насіння олійних культур, зокрема соняшника.

Предметом дослідження є ділянка сушіння технологічної лінії, параметри сушіння насіння соняшника та технічні рішення щодо підвищення ефективності роботи сушильного обладнання.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Значення олійних культур, зокрема насіння соняшника, для агропромислового комплексу та переробної промисловості

Олійні культури є важливою складовою агропромислового комплексу України, оскільки забезпечують сировинну базу для олійно-жирової, харчової, кормової, біоенергетичної та хімічної промисловості. До основних олійних культур, що вирощуються в Україні, належать соняшник, соя, ріпак, льон, гірчиця та інші культури. Серед них провідне місце займає соняшник, який є стратегічною культурою для вітчизняного сільського господарства та переробної галузі.

Насіння соняшника має високу харчову й технологічну цінність завдяки значному вмісту олії, білків, мінеральних речовин і біологічно активних компонентів. Основним напрямом його використання є виробництво соняшникової олії, яка займає важливе місце у структурі харчового споживання населення та є одним із ключових експортних продуктів України. Побічні продукти переробки – макуха та шрот – використовуються як цінні високобілкові корми у тваринництві.

Вирощування та переробка олійних культур має значний економічний ефект. Вони формують прибутковість сільськогосподарських підприємств, забезпечують завантаження елеваторних, сушильних і переробних потужностей, сприяють розвитку внутрішньої логістики, зберігання та експорту, таблиця 1.1. Водночас насіння олійних культур є досить чутливим до умов післязбиральної обробки. За підвищеної вологості воно швидко втрачає якість через активізацію процесів дихання, самозігрівання, розвиток мікроорганізмів і погіршення показників олійності.

Особливе значення має ділянка сушіння, оскільки саме вона забезпечує доведення вологості насіння до безпечного рівня для зберігання та подальшої переробки. Для насіння соняшника, ріпаку та сої важливо дотримуватися раціональних температурних режимів, оскільки перегрівання може призвести до

зниження якості олії, пошкодження насіння та збільшення втрат сировини. Тому удосконалення сушильної ділянки технологічної лінії первинної обробки олійних культур є актуальним завданням для підвищення ефективності роботи підприємства.

Таблиця 1.1 – Основні напрями використання олійних культур

Олійна культура	Основні продукти переробки	Напрями використання	Значення для промисловості
Соняшник	Олія, шрот, макуха, лузга	Харчова промисловість, кормовиробництво, біоенергетика	Основна олійна культура України, важлива експортна сировина
Соя	Олія, шрот, білкові концентрати	Харчова промисловість, комбікормове виробництво	Джерело рослинного білка та олії
Ріпак	Олія, шрот, біодизельна сировина	Харчова, технічна, біопаливна промисловість	Важлива культура для експорту та виробництва біопалива
Льон олійний	Ляна олія, макуха	Харчова, фармацевтична, технічна промисловість	Джерело олії з високим вмістом ненасичених жирних кислот
Гірчиця	Гірчична олія, порошок, макуха	Харчова, консервна, фармацевтична промисловість	Сировина для харчових і лікувально-профілактичних продуктів

Таблиця 1.2 – Орієнтовні обсяги виробництва основних олійних культур в Україні у 2024/25 МР

Культура	Виробництво, млн т	Частка серед наведених культур, %
Соняшник	10,9	51,7
Соя	6,6	31,3
Ріпак	3,6	17,0
Разом	21,1	100,0

За даними таблиці 1.2 видно, що найбільшу частку серед основних олійних культур займає соняшник. Це пояснюється його високою рентабельністю, стабільним попитом на соняшникову олію, наявністю розвиненої переробної інфраструктури та значним експортним потенціалом. Соя та ріпак також мають важливе значення, однак їх частка у структурі виробництва є меншою порівняно із соняшником.

Прогнози щодо виробництва основних олійних культур наведені у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Прогноз виробництва основних олійних культур в Україні на 2026/27 МР

Культура	Прогноз виробництва, млн т	Характеристика зміни
Соняшник	12,8	Очікується зростання виробництва
Соя	4,7	Можливе скорочення через зміну структури посівів
Ріпак	4,0	Прогнозується збільшення виробництва
Разом	21,5	Загальний обсяг залишається високим

Порівняння фактичних і прогнозних показників свідчить, що соняшник зберігає провідне значення серед олійних культур України. Збільшення виробництва соняшника та ріпаку створює додаткове навантаження на ділянки приймання, очищення, сушіння й зберігання насіння. Саме тому технічне вдосконалення сушильної ділянки є необхідним для забезпечення безперервної роботи технологічної лінії.

Таким чином, олійні культури, особливо соняшник, мають важливе значення для агропромислового комплексу України (таблиця 1.4). Вони забезпечують роботу переробної промисловості, формують експортний потенціал держави та є джерелом цінної харчової, кормової й технічної сировини. Водночас висока вологість і чутливість насіння до перегрівання зумовлюють необхідність удосконалення ділянки сушіння, що дозволить зменшити втрати, підвищити якість насіння та забезпечити його безпечне зберігання.

Таблиця 1.4 – Значення насіння соняшника для агропромислового комплексу

Напрямок значення	Характеристика
Сировинне	Є основною сировиною для виробництва соняшникової олії
Економічне	Забезпечує прибутковість аграрних підприємств і переробних заводів
Експортне	Соняшникова олія є одним із важливих експортних продуктів України
Кормове	Шрот і макуха використовуються у виробництві комбикормів
Технологічне	Потребує якісного очищення, сушіння та зберігання
Енергетичне	Лузга може використовуватися як біопаливо

Структура виробництва основних олійних культур наведена на рисунку 1.1.

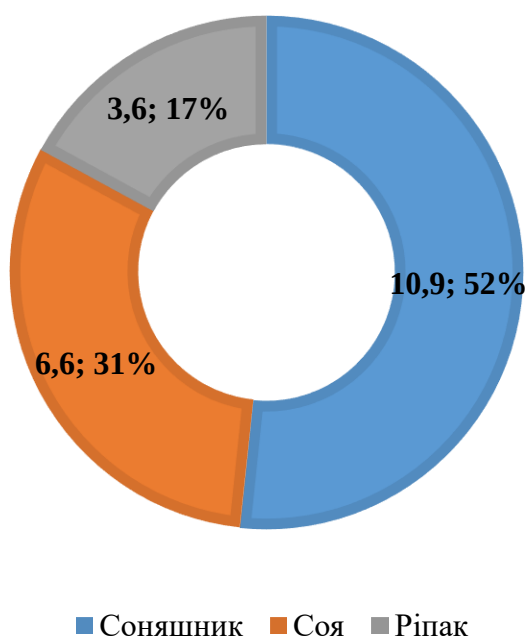


Рисунок 1.1 – Структура виробництва основних олійних культур в Україні у 2024/25 МР

Обсяг виробництва олійних культур у 2024/25 та прогнозу на 2026/27 МР представлено на рисунку 1.2.

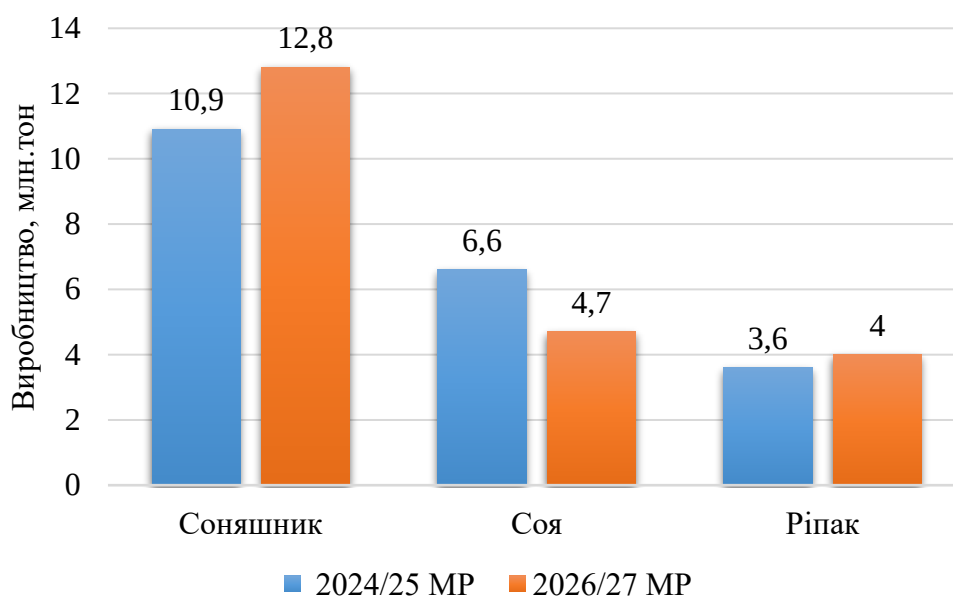


Рисунок 1.2 – Обсяг виробництва олійних культур у 2024/25 та прогнозу на 2026/27 МР

1.2 Характеристика насіння соняшника, як об'єкта первинної обробки

Насіння соняшника є цінною олійною сировиною, яка широко використовується для виробництва соняшникової олії, шроту, макухи та інших продуктів переробки. Як об'єкт первинної обробки воно має низку специфічних фізико-механічних, біохімічних і технологічних властивостей, які необхідно враховувати під час приймання, очищення, сушіння, транспортування та зберігання, рисунок 1.3.

Особливістю насіння соняшника є підвищений вміст олії, наявність лузги, неоднорідність за розмірами, формою, масою та вологістю. Насіннєва маса після збирання може містити значну кількість органічних і мінеральних домішок, частини кошиків, стебел, листя, пил, пошкоджене, щупле, проросле або недозріле насіння. Наявність таких домішок погіршує сипкість насіннєвої маси, ускладнює її сушіння, підвищує ризик самозігрівання та знижує якість готової сировини.

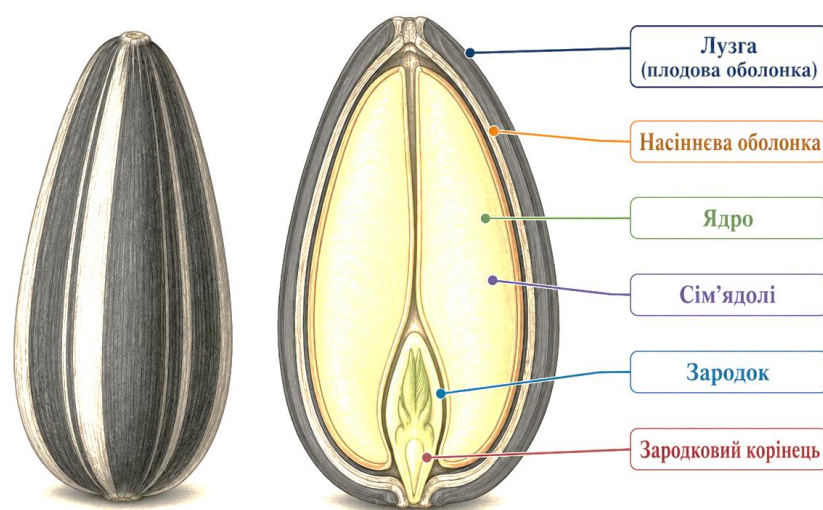


Рисунок 1.3 – Будова насіння соняшника

Відповідно до ДСТУ 7011:2009, домішки в насінні соняшнику поділяють на олійну та сміттєву. До олійної домішки належить бите, давлене, проросле, недозріле, пошкоджене шкідниками, повністю або частково обрушене насіння. До сміттєвої домішки відносять мінеральні та органічні домішки, пусте й зіпсоване насіння, насіння інших культурних і диких рослин, а також інші сторонні включення.

Основним завданням первинної обробки насіння соняшника є доведення його до кондиційного стану, придатного для тривалого зберігання або подальшої переробки. Для цього насіння проходить приймання, попереднє очищення, сушіння, основне очищення, охолодження та розміщення на зберігання. Найбільш відповідальним етапом є сушіння, оскільки підвищена вологість сприяє активізації процесів дихання, самозігріванню, розвитку мікроорганізмів і погіршенню якості олії.

Згідно з ДСТУ 7011:2009 (таблиця 1.5, таблиця 1.6), насіння соняшнику має бути здоровим, без самозігрівання та теплового пошкодження під час сушіння, мати властивий здоровому насінню запах, без затхлого, пліснявого або стороннього запаху, а також нормальний колір відповідно до сортових ознак. Це свідчить про те, що під час первинної обробки необхідно забезпечити не лише зменшення вологості та домішок, а й збереження природних якісних властивостей насіння.

Таблиця 1.5 – Основні властивості насіння соняшника як об'єкта первинної обробки

Група властивостей	Характеристика	Технологічне значення
Фізичні властивості	Різна форма, розмір, маса, наявність лузги	Впливають на вибір сит, режим очищення та транспортування
Біохімічні властивості	Високий вміст олії та біологічна активність	Потребують обережного сушіння без перегрівання
Вологість	Після збирання може бути підвищеною	Визначає необхідність сушіння перед зберіганням
Засміченість	Наявність органічних, мінеральних та олійних домішок	Потребує попереднього й основного очищення
Сипкість	Залежить від вологості, домішок і стану лузги	Впливає на роботу транспортерів, норій і бункерів
Схильність до самозігрівання	Підвищується за високої вологості та засміченості	Вимагає швидкої післязбиральної обробки
Чутливість до температури	Перегрівання погіршує якість ядра та олії	Потребує контролю температури теплоносія під час сушіння

Таблиця 1.6 – Вимоги до якості насіння соняшнику для виробництва олії згідно з ДСТУ 7011:2009

Показник	1 клас	2 клас	3 клас
Вологість, %, не менше	6,0	6,0	6,0
Вологість, %, не більше	8,0	8,0	8,0
Олійна домішка, %, не більше	3,0	5,0	7,0
Проросле насіння у складі олійної домішки, %, не більше	1,0	2,0	3,0
Смітєва домішка, %, не більше	1,0	2,0	3,0
Зіпсоване насіння у складі смітєвої домішки, %, не більше	0,2	0,5	1,0
Мінеральна домішка, %, не більше	0,3	0,5	0,5
Масова частка олії у перерахунку на суху речовину, %, не менше	50,0	45,0	40,0
Кислотне число олії, мг КОН/г, не більше	1,3	2,2	5,0

Наведені показники свідчать, що якість насіння соняшника значною мірою визначається вологістю (таблиця 1.6), кількістю олійної та сміттевої домішки, олійністю і кислотним числом олії. Чим нижчий клас насіння, тим вищим допускається вміст домішок і кислотне число олії, а мінімальна масова частка олії зменшується. Тому під час первинної обробки необхідно забезпечити ефективне очищення та сушіння насіння, щоб зберегти його технологічну цінність.

Таблиця 1.7 – Стан насіння соняшнику за вологістю та засміченістю згідно з ДСТУ 7011:2009

Ознака стану	Категорія	Значення показника
За вологістю	Сухе	до 7,0 % включно
За вологістю	Середньої сухості	від 7,1 до 8,0 %
За вологістю	Вологе	від 8,1 до 9,0 %
За вологістю	Сире	понад 9,1 %
За засміченістю	Чисте	олійна домішка до 3,0 %, сміттева – до 1,0 %
За засміченістю	Середньої чистоти	олійна домішка 3,1 – 7,0 %, сміттева – 1,1 – 5,0 %
За засміченістю	Смітне	олійна домішка понад 7,1 %, сміттева – понад 5,1 %

З технологічної точки зору найбільш придатним для зберігання є сухе та чисте насіння соняшника. Вологе й сире насіння потребує обов'язкового сушіння, оскільки за підвищеної вологості в насіннєвій масі швидко розвиваються небажані біохімічні та мікробіологічні процеси. Смітне насіння перед сушінням доцільно піддавати попередньому очищенню, оскільки органічні домішки мають іншу вологість і швидкість висихання, що може призводити до нерівномірного сушіння (таблиця 1.8).

Таблиця 1.8 – Вплив показників якості насіння соняшника на процес первинної обробки

Показник	Вплив на технологічний процес	Необхідна операція
Підвищена вологість	Сприяє самозігріванню, пліснявінню, втраті якості олії	Сушіння та охолодження
Висока сміттєва домішка	Погіршує сипкість, ускладнює транспортування і сушіння	Попереднє та основне очищення
Олійна домішка	Знижує товарну якість партії	Сортування та очищення
Проросле насіння	Погіршує якість і знижує придатність до переробки	Відокремлення під час очищення
Зіпсоване насіння	Підвищує ризик погіршення запаху, кольору й кислотного числа олії	Видалення з партії
Пошкодження лузги	Збільшує втрати ядра та ризик окиснення олії	Делікатне транспортування й обробка
Підвищене кислотне число олії	Свідчить про погіршення якості сировини	Контроль якості та окреме зберігання

Отже, насіння соняшника є складним об'єктом первинної обробки, якість якого залежить від вологості, засміченості, вмісту олійної домішки, стану ядра, цілісності лузги та умов післязбирального зберігання. Для забезпечення стабільної якості сировини необхідно своєчасно проводити очищення, сушіння, охолодження та розміщення насіння у відповідних умовах. Особливе значення має удосконалення ділянки сушіння, оскільки саме вона забезпечує доведення насіння до безпечної вологості, зменшує ризик самозігрівання та створює умови для тривалого зберігання і подальшої промислової переробки.

Висновки за розділом

Розглянуто значення олійних культур для агропромислового комплексу та переробної промисловості. Встановлено, що провідне місце серед них займає

соняшник, який є важливою сировиною для виробництва олії, шроту, макухи та біопалива.

Охарактеризовано насіння соняшника як об'єкт первинної обробки. Визначено, що його якість залежить від вологості, засміченості, вмісту олійної та сміттєвої домішки, стану ядра і цілісності лузги. Згідно з ДСТУ 7011:2009, насіння повинно відповідати встановленим вимогам щодо вологості, домішок, олійності та кислотного числа олії.

Отже, для збереження якості насіння соняшника необхідно своєчасно проводити очищення, сушіння, охолодження та зберігання. Особливо важливим є удосконалення ділянки сушіння, оскільки вона забезпечує доведення насіння до безпечної вологості та запобігає його самозігріванню і псуванню.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Опис досліджуваної технологічної лінії

Відповідно до досліджуваної технологічної схеми, зернова маса надходить на підприємство автомобільним транспортом. Початковим етапом технологічного процесу є приймання сировини, її зважування та визначення якісних показників у виробничо-технологічній лабораторії. Після проведення контролю автомобіль направляється на розвантаження. Вивантажений матеріал надходить у приймальний бункер розвантажувального пристрою, звідки за допомогою приймального транспортера 2 подається на норію 1.

Після проходження норії зерно ячменю спрямовується до надвагового бункера 3, де відбувається його короткочасне накопичення, а далі – до ковшових вагів 4 для зважування. Після зважування, залежно від стану та якісних показників зернової маси, зерно за допомогою розподільної труби 5 може бути спрямоване у різні технологічні потоки.

Перший технологічний потік передбачає обробку засміченого зерна ячменю. У цьому випадку зерно надходить до надсепараторного бункера 7, де накопичується перед подачею на очищення. Далі воно спрямовується до повітряно-решітного сепаратора 9 типу «Petkus U-40». Після очищення зерно надходить у підсепараторний бункер 13, а виділені домішки – у бункер відходів 14. З підсепараторного бункера очищене зерно знову подається норією до вагів і, залежно від подальшого стану, за допомогою розподільної труби може бути направлене на сушіння, зберігання або відвантаження автомобільним чи залізничним транспортом для подальшої реалізації.

Другий технологічний потік призначений для зерна ячменю, яке містить важковідокремлювані домішки, зокрема кукіль та вівсюг. Після розподільної труби 5 таке зерно надходить до надтрієрного бункера 8, а потім подається на трієри-куколевідбірники та вівсюговідбірники 10 і 11 типу А9-УТО-6 та А9-УТК-6. Після видалення домішок очищене зерно потрапляє до підсепараторного

бункера 13, а відходи – у бункер 14. Надалі зерно, як і в попередньому випадку, може бути спрямоване на зберігання, додаткову обробку або відвантаження.

Третій технологічний потік застосовується тоді, коли засміченість зерна перебуває в допустимих межах, однак його вологість є підвищеною. У такому разі зерно з розподільної труби 5 надходить до надсушильного бункера 6, звідки подається до зерносушарок 5 типу ДСП-32. Після проходження процесу сушіння зерно ячменю надходить у підсушильний бункер 12. Далі воно може бути направлене на зберігання, відвантаження або, за потреби, на додаткове очищення.

Зерно, яке повністю відповідає встановленим вимогам якості, за допомогою розподільної труби 5 подається на надсилосний транспортер 17, а звідти – у силоси 18 для зберігання або безпосередньо на відвантаження автомобільним транспортом.

Експлуатація наявних зерносушарок ДСП-32 не забезпечує необхідної ефективності сушіння зерна. Основними недоліками їх роботи є підвищені витрати палива, недостатня продуктивність, значні габаритні розміри та велика площа, яку займає обладнання. Крім того, ці сушарки є морально застарілими та фізично зношеними, що ускладнює підтримання стабільних технологічних режимів і збільшує витрати на обслуговування.

Графічне зображення досліджуваної технологічної схеми наведено на рисунку 2.1.

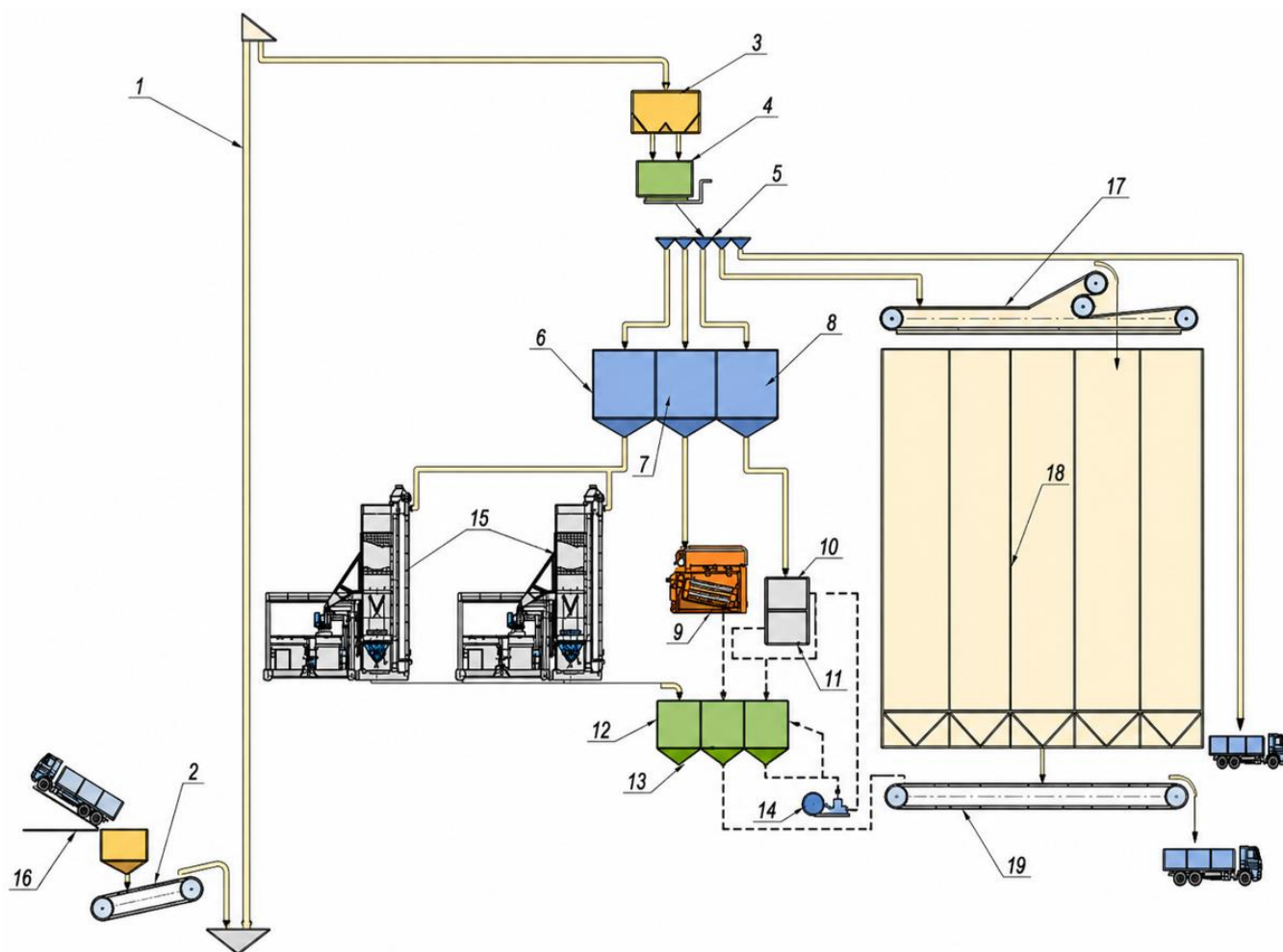


Рисунок 1.2 – Досліджувана технологічна схема з первинної обробки насіння соняшника

1 – ковшовий елеватор; 2 – приймальний стрічковий транспортер; 3 – бункер перед зважуванням; 4 – ковшовий ваговий пристрій; 5 – розподільний зернопровід; 6 – бункер перед сушінням; 7 – бункер перед сепаратором; 8 – бункер перед трієрним очищенням; 9 – повітряно-решітна очисна машина; 10 – трієр для відокремлення куколю; 11 – трієр для видалення вівсюга; 12 – бункер після сушіння; 13 – бункер після сепарування; 14 – накопичувальні бункери для відходів; 15 – сушильна установка; 16 – пристрій для розвантаження автомобілів; 17 – транспортер над силосами; 18 – силосні ємності для зберігання зерна; 19 – транспортер під силосами.

2.2 Пропозиції щодо удосконалення ділянки сушіння технологічної лінії з первинної обробки насіння соняшника

Встановлено, що під час первинної обробки насіння соняшника найбільш енергоємною та витратною операцією є сушіння. Саме на цьому етапі формується значна частина експлуатаційних витрат підприємства, оскільки процес потребує значних витрат палива, електроенергії та постійного контролю технологічних режимів. Крім того, від ефективності сушіння безпосередньо залежить якість насіння, його придатність до тривалого зберігання та подальшої переробки.

Існуючі зерносушарки ДСП-32 є морально та фізично застарілими, мають недостатній рівень автоматизації, підвищені витрати енергоносіїв, нерівномірність сушіння та потребують значних витрат на технічне обслуговування і ремонт. Їх подальша експлуатація ускладнює забезпечення стабільних режимів сушіння, підвищує ризик перегрівання або недосушування насіння, що може призводити до самозігрівання, погіршення якості олії, збільшення втрат сировини та зниження ефективності роботи всієї технологічної лінії.

У зв'язку з цим доцільною є заміна існуючих зерносушарок ДСП-32 на сучасну шахтну зерносушарку «Petkus WU-90». Дана сушарка має продуктивність близько 80 т/год і може ефективно використовуватися на заготівельних підприємствах, елеваторах, перевалочних пунктах та підприємствах переробної промисловості. Її застосування дозволяє забезпечити більш рівномірне видалення вологи, зменшити витрати палива, скоротити тривалість обробки насіння та підвищити загальну продуктивність сушильної ділянки.

Зерносушарка «Petkus WU-90» призначена для сушіння різних зернових та олійних культур, у тому числі насіння соняшника. Вона забезпечує зниження вологості сировини з підвищених значень до кондиційного рівня, необхідного для безпечного зберігання. Завдяки раціональній конструкції робочих органів, рівномірному розподілу теплоносія та контрольованому переміщенню насіннєвої

маси зменшується механічне травмування насіння, що особливо важливо для соняшника як культури з крихкою лузгою та високим вмістом олії.

Важливою перевагою зерносушарки «Petkus WU-90» є наявність автоматизованої системи контролю процесів завантаження, сушіння та вивантаження. Це дає змогу оперативно регулювати температуру теплоносія, контролювати вологість насіння, запобігати перегріванню та забезпечувати стабільну якість готової продукції. Автоматизація також зменшує вплив людського фактора, підвищує безпечність експлуатації обладнання та полегшує контроль за роботою сушильної ділянки.

Отже, заміна застарілих зерносушарок ДСП-32 на сучасну зерносушарку «Petkus WU-90» є технічно та економічно обґрунтованим рішенням. Таке удосконалення дозволить зменшити енерговитрати, підвищити продуктивність, забезпечити рівномірність сушіння, знизити травмованість насіння соняшника та покращити якість сировини для подальшого зберігання і переробки.

2.3 Характеристика технологічної лінії після удосконалення

У відповідності до розробленої схеми, початковою операцією технологічного процесу є приймання сировини, її зважування та визначення якісних показників у виробничо-технологічній лабораторії. Під час лабораторного контролю встановлюють вологість, засміченість, вміст олійної та сміттевої домішки, наявність пошкодженого, щуплого, зіпсованого або пророслого насіння, а також органолептичні показники – колір, запах і загальний стан партії.

Після проведення вхідного контролю автомобіль направляють до автомобілерозвантажувача 17. Вивантажене насіння надходить у приймальний бункер, звідки приймальним конвеєром 2 подається на ковшовий елеватор 1. Далі насіння переміщується до надвагового бункера 3, де відбувається його короткочасне накопичення перед зважуванням. Після цього матеріал надходить на ковшові ваги 4. За результатами зважування та оцінювання якості партія насіння за допомогою розподільної труби 5 спрямовується у відповідний

технологічний потік залежно від вологості, засміченості та потреби в подальшій обробці.

Перший технологічний потік передбачає обробку насіння соняшника з підвищеним вмістом крупних і легких домішок. Таке насіння після розподільної труби 5 надходить до надсепараторного бункера 7, де тимчасово накопичується перед очищенням. Далі воно подається на очищення до повітряно-решітного сепаратора 9 типу «Petkus U-40», де відбувається його очищення за аеродинамічними властивостями та розмірами частинок.

Під час роботи повітряно-решітного сепаратора легкі домішки, пил і частини лузги видаляються повітряним потоком, а крупні та дрібні домішки відокремлюються на решетах. Для насіння соняшника важливо правильно підібрати розміри отворів решіт і швидкість повітряного потоку, оскільки надмірна інтенсивність аспірації може призвести до втрат повноцінного насіння, а недостатня – до зниження ефективності очищення. Після очищення кондиційне насіння надходить до підсепараторного бункера 13, а виділені домішки – до бункера відходів 15. З підсепараторного бункера насіння знову подається норією до вагів і, залежно від фактичного стану, може бути направлене на сушіння, зберігання або безпосереднє відвантаження.

Другий технологічний потік застосовується для партій насіння, які містять важковідокремлювані домішки, близькі за розмірами або формою до основної культури. Після розподільної труби 5 таке насіння надходить до надтрієрного бункера 8, звідки подається до трієрних машин 10 і 11. Трієри забезпечують видалення домішок, що відрізняються від насіння соняшника довжиною, формою або характером поверхні. Очищене насіння після трієрного оброблення надходить до підсепараторного бункера 13, а відокремлені домішки спрямовуються у бункер відходів 14. Надалі насіння може бути направлене на зберігання, сушіння, додаткове очищення або відвантаження.

Третій технологічний потік передбачає обробку насіння соняшника, засміченість якого перебуває в допустимих межах, але вологість перевищує кондиційний рівень. У цьому випадку насіння з розподільної труби 5 подається до

надсушильного бункера 6, а звідти – до шахтної зерносушарки 15 «Petkus WU-90». Сушіння є однією з найважливіших операцій первинної обробки насіння соняшника, оскільки підвищена вологість сприяє самозігріванню, розвитку мікроорганізмів, погіршенню якості олії та зниженню стійкості сировини під час зберігання.

Технологічний режим сушіння насіння соняшника необхідно встановлювати з урахуванням його початкової вологості, засміченості, призначення партії та вимог до подальшого зберігання. Насіння соняшника є чутливим до перегрівання, оскільки має високий вміст олії та крихку лузгу. Тому під час сушіння слід забезпечувати рівномірний розподіл теплоносія, поступове видалення вологи та недопущення надмірного підвищення температури насіннєвої маси. Для товарного насіння кінцева вологість зазвичай має бути доведена до безпечного рівня, що забезпечує стабільне зберігання та зменшує ризик псування.

У зерносушарці «Petkus WU-90» процес сушіння здійснюється шляхом контакту насіннєвої маси з підігрітим повітрям. Вологе насіння надходить у сушильну шахту, де послідовно проходить зони нагрівання, активного видалення вологи та охолодження. Контроль температури теплоносія, тривалості перебування насіння у сушарці та кінцевої вологості є обов'язковою умовою збереження якості сировини. Після сушіння насіння надходить до підсушильного бункера 12, звідки може бути спрямоване на зберігання, відвантаження або повторне очищення, якщо в цьому є технологічна потреба.

Насіння соняшника, яке після приймання повністю відповідає вимогам щодо вологості та чистоти, не потребує додаткової обробки. Таке насіння розподільною трубою 5 подається на надсилосний конвеєр 17, а потім – у силоси 18 для зберігання. За необхідності воно може бути відвантажене автомобільним транспортом або направлене конвеєром 19 на подальшу переробку.

Технологічна схема лінії з підготовки насіння соняшника до зберігання після модернізації наведена на рисунку 2.2.

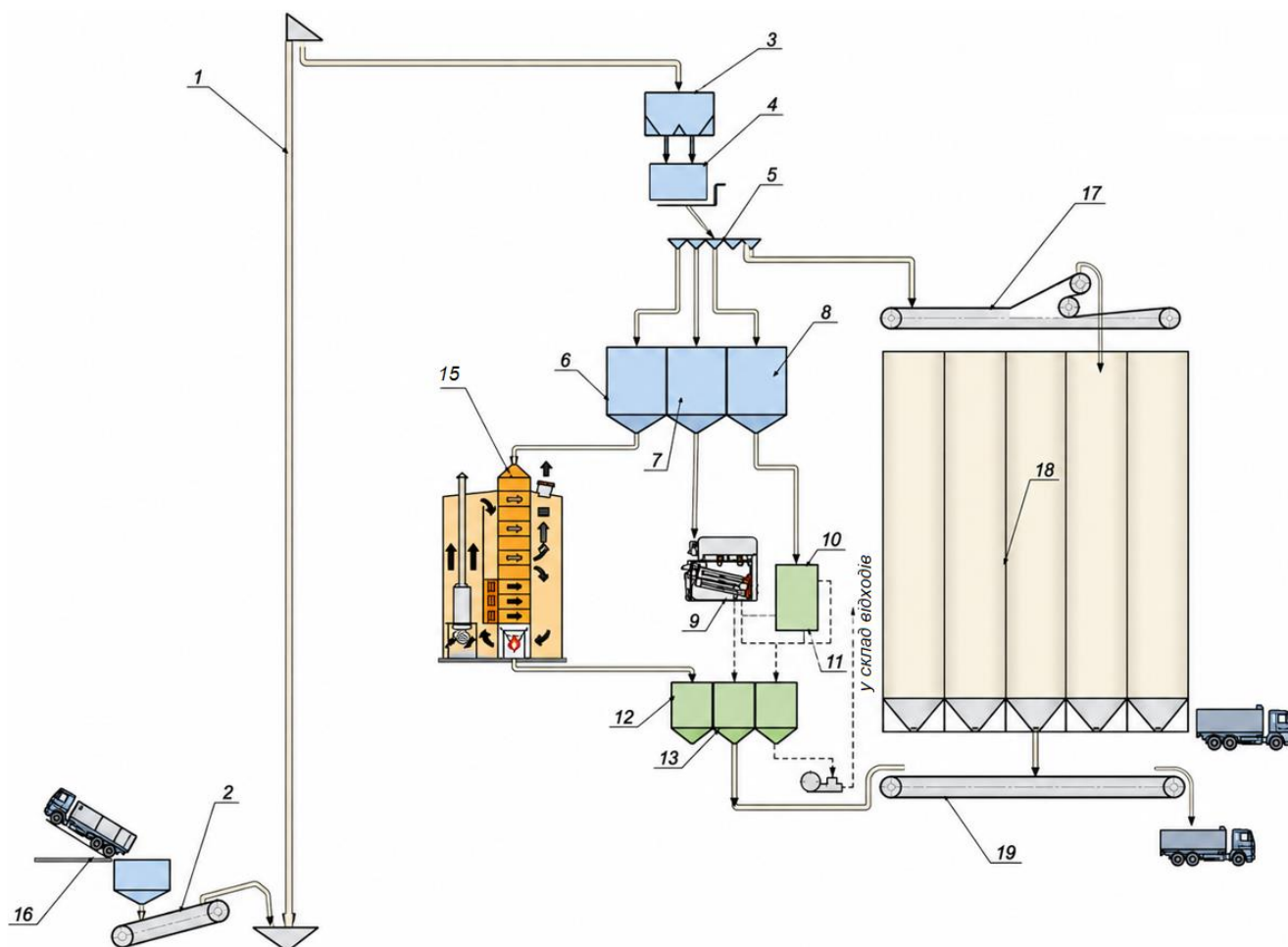


Рисунок 2.2 – Технологічна схема лінії з підготовки насіння соняшника до зберігання після модернізації

1 – ковшовий елеватор; 2 – приймальний стрічковий транспортер; 3 – бункер перед зважуванням; 4 – ковшовий ваговий пристрій; 5 – розподільний зернопровід; 6 – бункер перед сушінням; 7 – бункер перед сепаратором; 8 – бункер перед трієрним очищенням; 9 – повітряно-решітна очисна машина; 10 – трієр для відокремлення кукулю; 11 – трієр для видалення вівсюга; 12 – бункер після сушіння; 13 – бункер після сепарування; 14 – накопичувальні бункери для відходів; 15 – сушильна установка; 16 – пристрій для розвантаження автомобілів; 17 – транспортер над силосами; 18 – силосні ємності для зберігання зерна; 19 – транспортер під силосами.

Модернізована технологічна схема підготовки насіння соняшника до зберігання передбачає підвищення ефективності очищення та сушіння за рахунок встановлення скальператора для попереднього видалення грубих домішок і

використання сучасної зерносушарки «Petkus WU-90». Це дозволяє зменшити навантаження на повітряно-решітний сепаратор, підвищити продуктивність лінії, скоротити витрати палива та електроенергії, забезпечити рівномірність сушіння і знизити травмування насіння. У результаті поліпшується якість підготовленої сировини, підвищується надійність її зберігання та ефективність роботи всієї технологічної лінії підприємства.

Висновки за розділом

Розглянуто діючу технологічну лінію первинної обробки насіння соняшника та визначено основні напрями її удосконалення. Встановлено, що найбільш проблемною й енерговитратною операцією є сушіння, оскільки наявні зерносушарки ДСП-32 є застарілими, мають підвищені витрати палива, недостатню продуктивність і нерівномірно висушують насіння.

Обґрунтовано доцільність заміни існуючого сушильного обладнання на сучасну шахтну зерносушарку Petkus WU-90, яка забезпечує рівномірне видалення вологи, автоматизований контроль процесу та менше травмування насіння соняшника. Запропоноване удосконалення дозволяє підвищити продуктивність лінії, знизити енерговитрати, покращити якість сировини та забезпечити її надійне зберігання.

3 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

3.1 Технологічний розрахунок та визначення кількості технологічного обладнання

За результатами проведеного аналізу встановлено, що впровадження шахтної зерносушарки «Petkus WU-90» дає змогу збільшити обсяги приймання насіння соняшника орієнтовно на 5000 т за заготівельний період. У результаті загальний обсяг заготівель може становити близько 35000 т.

Для виконання перевірочних розрахунків приймаємо такі вихідні дані:

- річний обсяг заготівель $A = 35000$ тон;
- тривалість розрахункового періоду найбільш інтенсивного надходження насіння $P_p = 30$ діб;
- у період масового приймання від постачальників надходить близько 75 % річного обсягу заготівель;
- коефіцієнт добової нерівномірності надходження зерна, $K_c = 1,6$;
- коефіцієнт годинної нерівномірності надходження зерна, $K_q = 1,5$.

Максимальне добове надходження зерна визначають за формулою: [4, 6]

$$Q_{доб} = \frac{0,75 \cdot A \cdot K_c}{P_p}, \quad (3.1)$$

$$Q_{доб} = \frac{0,75 \cdot 35000 \cdot 1,6}{30} = 1400 \text{ т/добу}$$

Годинна кількість зерна, що надходитиме від постачальників у період найбільш інтенсивного підвезення, визначається за формулою:

$$Q_{год} = \frac{Q_{доб} \cdot K_q}{t_p}, \quad (3.2)$$

де t_p – тривалість роботи обладнання в період приймання зерна, яка становить

$$660 \text{ год на місяць, або } t_p = \frac{660}{31} = 22 \text{ год/добу.}$$

$$Q_{\text{год}} = \frac{1400 \cdot 1,5}{22} = 95,5 \text{ т/год}$$

Необхідну продуктивність зерносушарки визначають за формулою:

$$Q_{\text{суш}} = \frac{0,75 \cdot A \cdot K_{n.m}}{20,5 \cdot P_p}, \quad (3.3)$$

де $K_{n.m}$ – коефіцієнт переведення у планові тони, $K_{n.m} = 1,25$;

20,5 – тривалість роботи сушарки протягом доби в період найбільш інтенсивного приймання волого насіння соняшника, год.

$$Q_{\text{суш}} = \frac{0,75 \cdot 35000 \cdot 1,25}{20,5 \cdot 30} = 53,5 \text{ т/год}$$

Отримані результати підтверджують доцільність вибору шахтної зерносушарки «Petkus WU-90», продуктивність якої становить 80 т/год. Така продуктивність забезпечує необхідну пропускну здатність сушильної ділянки під час інтенсивного надходження зернової маси.

Протягом доби дана зерносушарка може просушити:

$$Q_z = 80 \cdot 20,5 = 1640 \text{ т}$$

де 20,5 – тривалість роботи зерносушарки протягом доби у найбільш напружений період заготівель, год.

Далі виконуємо перевірочний розрахунок зерноочисного обладнання. Його метою є визначення розрахунково-експлуатаційної продуктивності зерноочисних машин під час очищення насіння соняшника.

Розрахунково-експлуатаційну продуктивність доцільно визначати з урахуванням вологості насіння соняшника та кількості відокремлюваних домішок за формулою:

$$Q_{cen} = 0,6 \cdot K \cdot Q_{n.c} , \quad (3.4)$$

де $Q_{n.c}$ – паспортна продуктивність сепаратора під час очищення насіння соняшника, т/год;

K – поправочний коефіцієнт, що враховує культуру, вологість і вміст відокремлюваних домішок, $K = 1$;

0,6 – коефіцієнт співвідношення фактичної продуктивності до паспортної під час очищення насіння соняшника.

У технологічній лінії для очищення насіння соняшника встановлено повітряно-решітний сепаратор «Petkus U-40», паспортна продуктивність якого становить 100 т/год.

$$Q_{cen} = 0,6 \cdot 1,2 \cdot 100 = 72 \text{ т/год}$$

Для очищення 1400 т насіння соняшника встановлено:

$$n_c = \frac{1400}{100 \cdot 22} = 0,6 \approx 1 \text{ сепаратор}$$

де 22 – тривалість роботи сепаратора протягом доби, год.

Для видалення вівсюга застосовують дискові трієри. У розрахунках умовно приймаємо, що найбільша засміченість зерна вівсюгом становить 15 % від

загального обсягу надходження зерна. У такому разі максимальне добове надходження зерна з домішками вівсюга становить:

$$Q_{o.доб} = \frac{0,15 \cdot A \cdot K_c}{P_p}, \quad (3.5)$$

$$Q_{o.доб} = \frac{0,15 \cdot 35000 \cdot 1,6}{30} = 280 \text{ т/добу}$$

Необхідну кількість трієрів N_m визначають за формуло:

$$N_m = 0,00036 \cdot \frac{A_{np}^{a/m} \cdot \varphi}{P_p \cdot Q_{mp}}, \quad (3.6)$$

де φ – частка насіння соняшника, що потребує очищенню на трієрах, $\varphi = 10\%$;

Q_{mp} – продуктивність трієра, т/год.

$$N_m = 0,00036 \cdot \frac{35000 \cdot 10}{30 \cdot 6} = 1 \text{ шт.}$$

Отже, результати розрахунків показують, що для очищення насіння соняшника від коротких і довгих домішок достатньо встановити по одному трієру А9-УТК-6 та А9-УТО-6.

Перевірочний розрахунок кількості норій не виконуємо, оскільки у технологічній лінії передбачена одна норія продуктивністю 100 т/год, що відповідає пропускній здатності модернізованої лінії.

Таким чином, відповідно до продуктивності удосконаленої технологічної лінії виконано необхідні перевірочні розрахунки та обґрунтовано вибір основного технологічного обладнання.

3.2 Характеристика обладнання лінії з первинної обробки насіння соняшника

Насіння соняшника, яке надходить на обробку за наведеною технологічною схемою, обов'язково проходить контроль якості. Відбір середніх проб із кузова автомобіля здійснюють за допомогою механізованих пробовідбірників типу А1-УП2-А або ручного щупа. Отримані зразки направляють до виробничо-технологічної лабораторії, де визначають основні показники якості: вологість, засміченість, наявність олійної та сміттевої домішки, пошкодженого або зіпсованого насіння, а також органолептичні показники – колір, запах і загальний стан партії.

Для очищення насіння соняшника у технологічній лінії використовується повітряно-решітний сепаратор Petkus U-40 (рисунок 3.1). Це універсальна очисна машина, обладнана двома решітними станами та двома пневмосепараційними каналами. Обладнання призначене для попереднього, первинного та основного очищення зернового і насіннєвого матеріалу від домішок, що відрізняються за розмірами, масою та аеродинамічними властивостями.

Сепаратор має компактну закриту конструкцію зі сталі, що забезпечує міцність, надійність і стійкість до виробничих навантажень. Робочі решета виготовлені з оцинкованого металу, що підвищує їх довговічність і стійкість до зношування. Для запобігання забиванню отворів сит передбачена система очищення за допомогою гумових кульок, які під час роботи забезпечують постійне самоочищення решітної поверхні.

Живильний механізм сепаратора складається із саморегульованого клапана та прогумованого профільованого вальця. Така конструкція забезпечує рівномірну подачу насіння по всій ширині робочої зони машини, що позитивно впливає на якість розподілу матеріалу та ефективність очищення. Рівномірне завантаження решіт є особливо важливим під час очищення насіння соняшника, оскільки його насіннєва маса має неоднорідний склад і може містити значну кількість лузги, пилу, рослинних решток та інших домішок.

Пневмосепараційна система включає попередній і основний пневмосепаратори. У попередньому пневмосепараторі за допомогою повітряного потоку з насінневої маси видаляються легкі пилоподібні частинки, частини лузги та інші легкі домішки. Відокремлені частинки осідають в осадовій камері та виводяться з машини шнековим транспортером.

Основний пневмосепаратор має спеціальну конструкцію з двома повітряними каналами та регульованою заслінкою-дозатором. Завдяки цьому забезпечується точне налаштування інтенсивності повітряного потоку залежно від властивостей оброблюваного матеріалу. Це дає змогу ефективно відокремлювати легкі домішки без втрат повноцінного насіння соняшника.

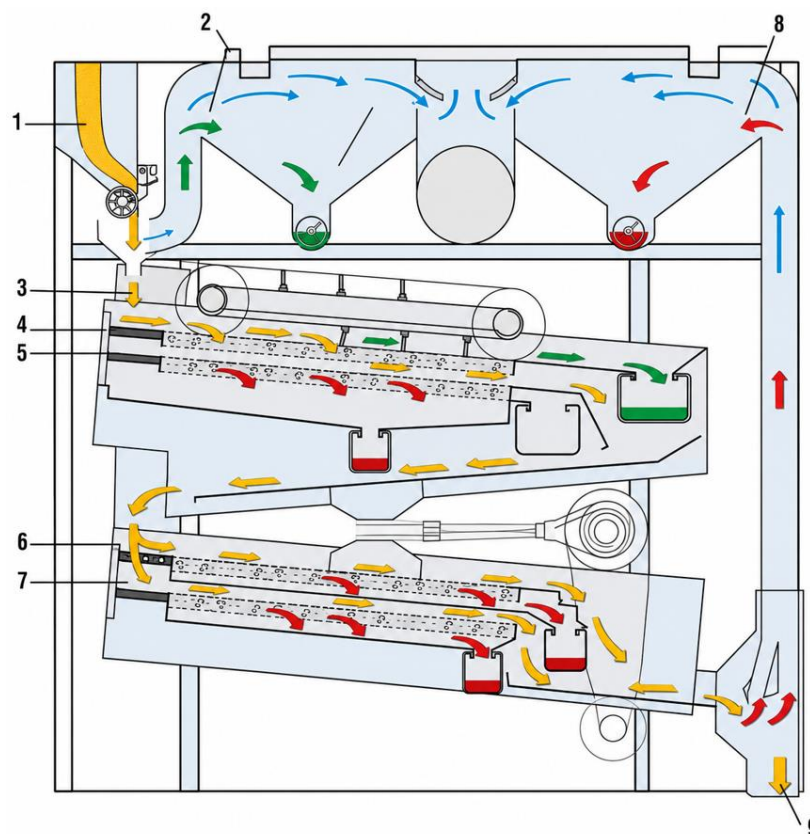


Рисунок 3.1 – Технологічна схема функціонування сепаратора Petkus U-40
 1 – вузол подачі матеріалу; 2 – попередній канал пневматичного очищення; 3 – пристрій для очищення решітної поверхні; 4 – сортувальне решето верхнього решітного блоку; 5 – підсівне сито верхнього решітного блоку; 6 – сортувальне решето нижнього решітного блоку; 7 – підсівне сито нижнього решітного блоку; 8 – осадова камера попереднього та основного пневмосепараторів; 9 – основний пневмосепараційний канал.

Решітна система сепаратора складається з двох решітних станів, які рухаються назустріч один одному. Кожен решітний стан має два сита: сортувальне та підсівне. На сортувальних ситах відокремлюються крупні домішки, а на підсівних – дрібні включення, пил, щупле та подрібнене насіння. У результаті проходження через повітряно-решітний сепаратор насіння соняшника очищується від основної маси сторонніх домішок, що підвищує його сипкість, покращує умови подальшого сушіння та забезпечує більш стабільне зберігання.

Трієр А9-УТО-6 (рисунок 3.2) призначений для очищення зернової маси від домішок, які за довжиною перевищують зерна основної культури. Таке обладнання встановлюють в очисному відділенні технологічної лінії для підвищення якості підготовки зерна до подальшого зберігання або переробки.

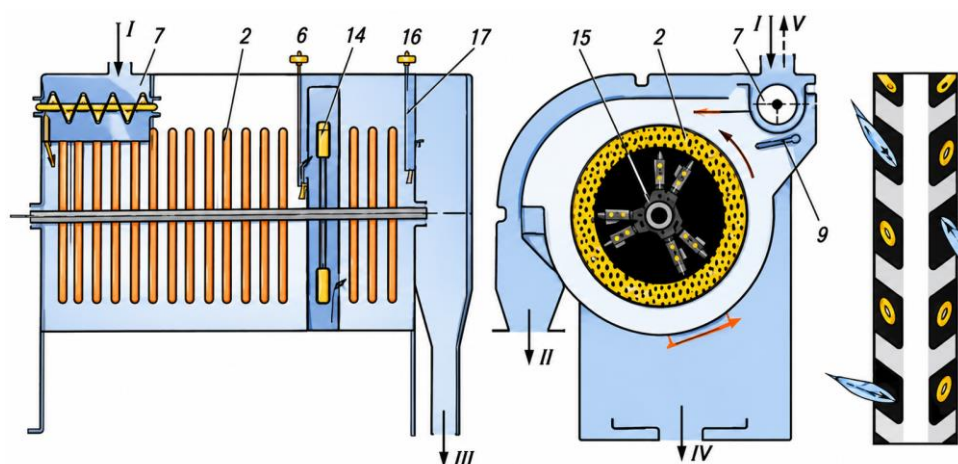


Рисунок 3.2 – Конструктивно-технологічна схема дискового трієра
А9-УТО-6

- 1, 4 – стійка; 2 – диск; 3 – корпус; 5 – редуктор; 6 – механізм керування засувкою 8; 7 – приймально-розподільний пристрій; 8, 9, 17 – засувки; 10 – люк для мінеральних домішок; 11 – електродвигун; 12, 13 – випускні патрубки; 14 – ковшові колеса; 15 – вал ротора; 16 – механізм керування засувкою 17.
- I – вихідне зерно; II – зерно очищене; III – довгі домішки; IV – мінеральні домішки; V – повітря.

Зернова суміш через приймальний отвір у верхній частині корпуса надходить до приймально-розподільного пристрою 7, який забезпечує її рівномірну подачу по всій довжині жолоба. Регулювання розподілу матеріалу на приймально-робочі диски 2 здійснюється за допомогою засувки 9.

Початкова зернова суміш одночасно подається на сім приймально-робочих дисків 2. У чарунки дисків потрапляють зерна основної культури та домішки типу вівсюга. Під час обертання дисків зерно захоплюється чарунками, піднімається на певну висоту, після чого випадає у лотки та відводиться з машини через патрубок 12.

Довгі домішки не утримуються в чарунках дисків і разом із частиною зернової маси, що залишилася, переміщуються гонками дисків уздовж трієра до накопичувального відділення. У це відділення вони потрапляють через спеціальний отвір, розміщений у перегородці. Інтенсивність надходження зерна регулюється засувкою 8, яка обладнана важільно-гвинтовим механізмом керування.

Ковшове колесо захоплює зернову суміш разом із довгими домішками та подає її до контрольного відділення, де здійснюється завершальний етап очищення. Вівсюг та інші довгі домішки видаляються з машини через отвір у торцевій стінці корпуса та патрубок 13, у якому також передбачена регулювальна засувка.

Положення засувок має важливе значення для ефективності роботи трієра, оскільки за їх допомогою регулюють кількість зерна у робочому та контрольному відділеннях. Для видалення мінеральних домішок у нижній частині корпуса передбачено спеціальний люк 10.

Трієр А9-УТК-6 (рисунок 3.3) призначений для очищення зерна від коротких домішок, зокрема куколю. За конструкцією та принципом дії він подібний до трієра А9-УТО-6, однак виконує іншу технологічну функцію — відокремлення домішок, довжина яких менша за довжину зерна основної культури.

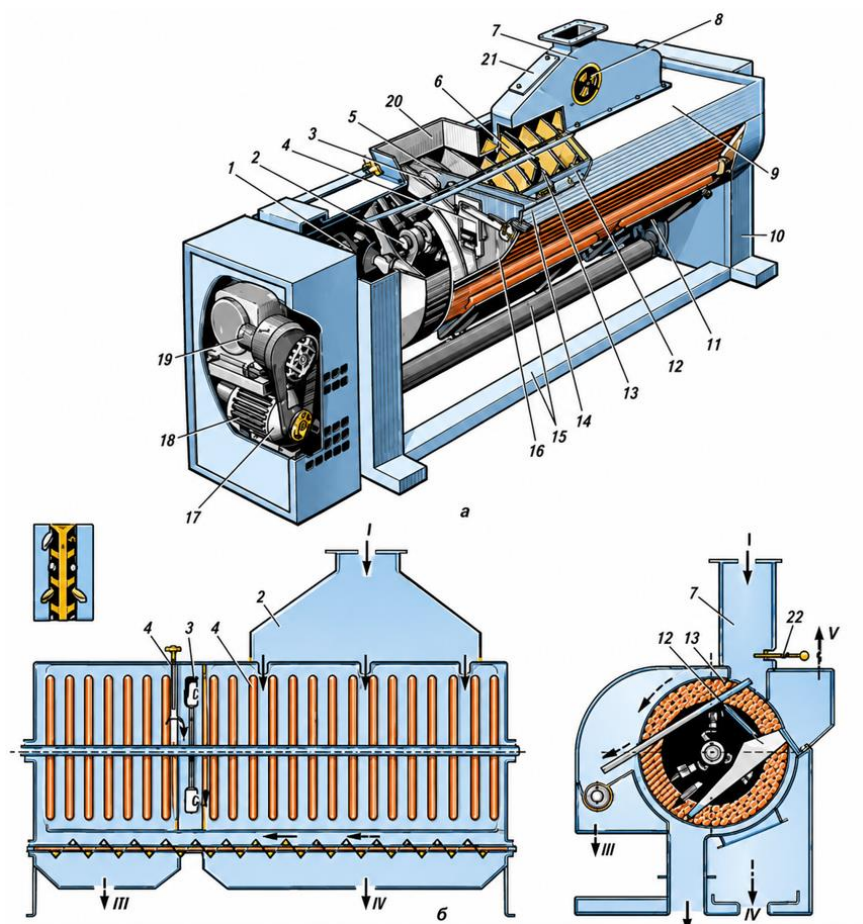


Рисунок 3.3 – Конструктивно-технологічна схема трієра А9-УТК-6

а – загальна будова машини; б – схема технологічного процесу;

1 – шнековий транспортер; 2 – робочий вал; 3 – ковшове колесо; 4, 22 – регулювальні заслінки; 5, 16 – внутрішні перегородки; 6 – комірчастий диск; 7 – приймальний вузол; 8 – оглядове вікно; 9 – корпус машини; 10 – опорна стійка; 11 – верхня кришка; 12 – лоток для відведення очищеного зерна; 13 – лоток для коротких домішок; 14 – рукоятка керування заслінкою; 15 – несучі балки; 17 – електродвигун; 18 – клинопасова передача; 19 – редуктор; 20 – патрубок аспіраційної системи; 21 – технологічний люк.

I – вихідне зерно; II – очищене зерно; III – короткі домішки; IV – мінеральні вclusions; V – повітряний потік.

Зерносушарка «Petkus» (рисунок 3.4) є стаціонарною сушильною установкою шахтного типу, призначеною для сушіння зернових, олійних і бобових культур. Конструкція сушарки складається з кількох секцій,

виготовлених із високоміцних матеріалів, що забезпечує надійність роботи обладнання та тривалий строк його експлуатації. Окремі профільні елементи можуть регулюватися за висотою, після чого вони фіксуються до панелей спеціальними болтовими з'єднаннями.

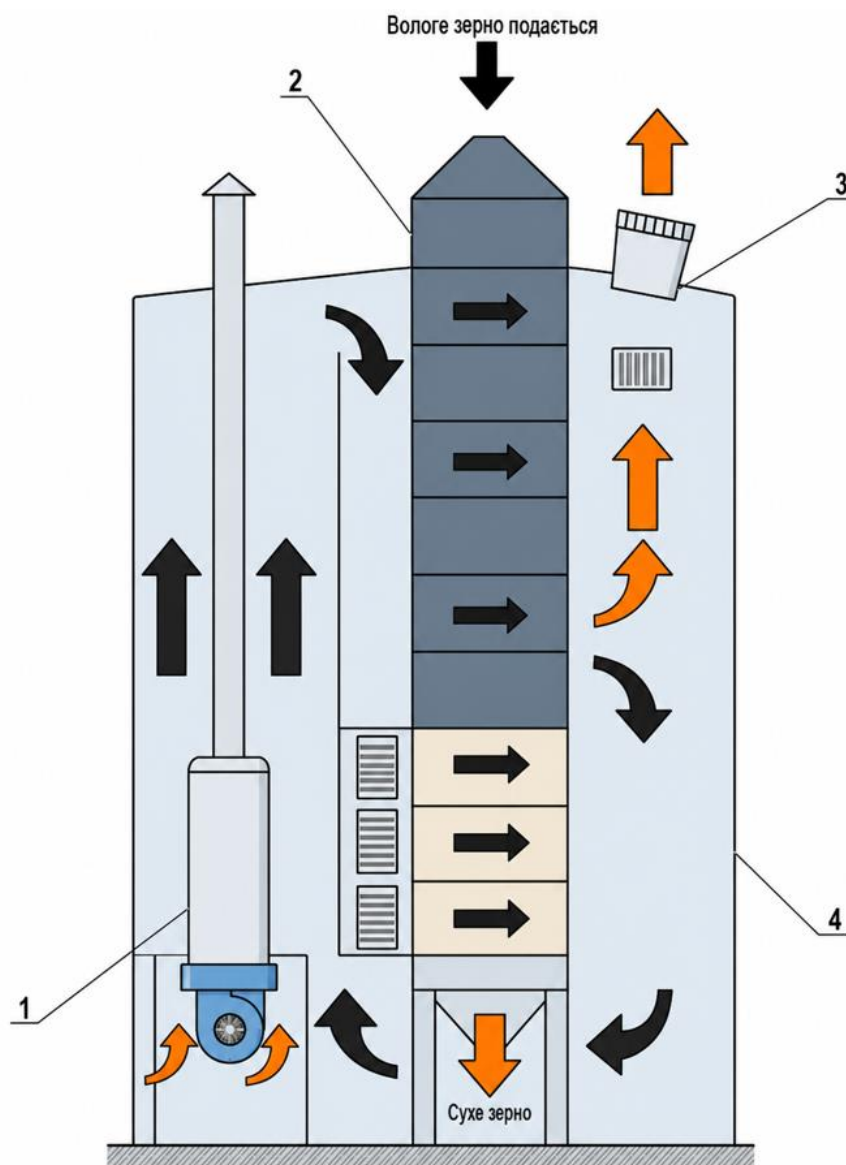


Рисунок 3.4 – Технологічна схема функціонування зерносушарки «Petkus WU-90»

1 – теплогенератор; 2 – сушительна шахта; 3 – пристрій для відведення відпрацьованого повітря; 4 – несуча рама сушарки.

Конструктивною особливістю сушарки є розміщення полиць із нахилом назовні. Таке рішення зменшує накопичення пилу, запобігає утворенню застійних зон зернової маси всередині сушительної шахти та сприяє більш рівномірному руху

матеріалу під час сушіння. Це особливо важливо для насіння соняшника, оскільки воно має крихку лузгу, підвищений вміст олії та потребує делікатного режиму обробки.

У зерносушарці використовуються вентилятори осьового типу, які забезпечують подачу та відведення повітря в процесі сушіння. Для захисту вентиляторів від пилу й вологи передбачені спеціальні пневмозаслінки. Вони сприяють стабільній роботі повітряної системи, зменшують потрапляння пилу до навколишнього середовища та покращують санітарні умови експлуатації обладнання.

Відпрацьоване вологе повітря частково повертається у процес завдяки рециркуляційному потоку. Це дозволяє зменшити витрати палива, підвищити енергоефективність сушіння та скоротити викиди пилу в атмосферу. Інтенсивність подачі повітря регулюється за допомогою спеціальних жалюзі, що дає змогу налаштовувати режим сушіння відповідно до виду культури, початкової вологості та необхідної кінцевої якості матеріалу.

Зовнішня частина сушильного апарата обшита оцинкованою сталлю, що захищає конструкцію від корозії та впливу зовнішнього середовища. Внутрішні поверхні повітропроводів виконані з матеріалу ALUZINK, який має підвищену стійкість до температурних, вологісних і механічних впливів. Це сприяє збереженню працездатності обладнання в умовах інтенсивної експлуатації.

Для повторного використання тепла у зерносушарці передбачена система рекуперації. Вона дає змогу використовувати частину теплової енергії відпрацьованого повітря, що додатково зменшує енергетичні витрати. Цикловентилятори з шумоізоляцією знижують рівень шуму під час роботи та перешкоджають винесенню в атмосферу лузги, пилу й інших легких відходів.

У процесі сушіння зернова маса рухається вниз по зигзагоподібній траєкторії, постійно перемішуючись. Такий рух забезпечує рівномірний контакт матеріалу з теплоносієм і сприяє більш однорідному видаленню вологи. Залежно від виду продукту та його технологічних властивостей можна змінювати ширину зони сушіння, що підвищує універсальність обладнання.

На виході із сушарки здійснюється контроль вологості зерна або насіння, що дозволяє оцінити якість проведеного процесу та за потреби скоригувати режим роботи. Для насіння соняшника це має важливе значення, оскільки надмірне пересушування або перегрівання може призвести до пошкодження ядра, зниження якості олії та збільшення втрат сировини.

Режими сушіння та стабілізації матеріалу в зерносушарці «Petkus» регулюються за допомогою комп'ютеризованої системи керування. Панель дистанційного керування Touch-Screen дає змогу контролювати процес сушіння, стежити за основними параметрами роботи обладнання та оперативно змінювати налаштування. Завдяки цьому процес набуває автоматизованого характеру, зменшується вплив людського фактора та підвищується стабільність роботи сушильної ділянки.

Отже, зерносушарка «Petkus» є універсальним і ефективним обладнанням для сушіння різних видів сільськогосподарської сировини, зокрема зернових, олійних і бобових культур. Її використання дозволяє забезпечити рівномірне видалення вологи, зменшити енерговитрати, скоротити втрати сировини та підвищити якість підготовленого до зберігання насіння соняшника.

Коротка технічна характеристика обраного обладнання представлена у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Специфікація технологічного обладнання

№	Назва обладнання	Марка обладнання	Основні технічні параметри	Кількість, шт.
1	2	3	4	5
1	Повітряно-решітна зерноочисна машина	Petkus U-40	Продуктивність – 100 т/год; ефективність очищення – до 40 %; встановлена потужність – 1,5 кВт	1
2	Ковшовий елеватор	НЦ-100	Продуктивність – 100 т/год; швидкість руху стрічки – 1,5 м/с; висота підйому – 60 м	1

1	2	3	4	5
3	Шахтна зерносушарка	Petkus WU-90	Продуктивність – близько 80 т/год; призначена для сушіння зернових та олійних культур	1
4	Стрічковий конвеєр	ТСЦ-100	Продуктивність – 100 т/год; потужність приводу – 3,0 кВт; максимальна довжина – 75 м	5
5	Трієр для відокремлення куколю	A9-УТК-6	Продуктивність – 6 т/год; кількість дисків – 22; потужність електродвигуна – 3,0 кВт	1
6	Трієр для видалення вівсюга	A9-УТО-6	Продуктивність – 6 т/год; кількість дисків – 22; потужність електродвигуна – 3,0 кВт	1
7	Автомобілерозвантажувач	У15-УРАГ	Вантажопідйомність – 55 т; потужність приводу – 22 кВт	1

3.3 Особливості компонування технологічного обладнання у виробничому приміщенні цеху

Компонування технологічного обладнання на підприємстві з первинної обробки насіння соняшника виконується з урахуванням послідовності технологічних операцій, напрямку руху сировини, зручності обслуговування машин, забезпечення безпечних проходів і мінімізації зустрічних потоків матеріалу. Основним принципом розміщення обладнання є забезпечення безперервного руху насіння від приймання до очищення, сушіння, зберігання або відвантаження.

У робочій башті елеватора розміщене обладнання, яке забезпечує приймання, піднімання, зважування, розподіл і очищення насіння соняшника. До нього належать ковшовий елеватор, приймальний транспортер, надваговий бункер, ковшові ваги, розподільний зернопровід, надсепараторний і надтрієрний бункери, повітряно-решітний сепаратор, трієри, підсепараторний бункер, а також бункери для відходів. Таке розміщення забезпечує компактність лінії та використання вертикальної схеми переміщення насіння, що є характерним для елеваторних підприємств.

Особливістю даної модернізації є те, що вона не передбачає встановлення додаткового технологічного обладнання всередині робочої башти елеватора. Обладнання, яке вже розміщене у виробничому приміщенні, залишається на своїх місцях, а технологічна схема його роботи не потребує суттєвого перепланування. Основні зміни стосуються ділянки сушіння, а саме заміни застарілих зерносушарок ДСП-32 на сучасну шахтну зерносушарку «Petkus WU-90».

Зерносушарка «Petkus WU-90» розміщується не у робочій башті, а на території підприємства, на окремому технологічному майданчику. Таке рішення є доцільним, оскільки сушарка має значні габаритні розміри, потребує підведення теплоносія, організації відведення відпрацьованого повітря, забезпечення під'їздів для обслуговування та дотримання вимог пожежної безпеки. Розміщення сушарки на відкритій території дозволяє не перевантажувати виробниче приміщення, зберегти існуюче компонування робочої башти та спростити монтажні роботи.

Під час компонування обладнання враховують такі вимоги:

- послідовне розміщення обладнання відповідно до технологічного процесу;
- забезпечення мінімальної довжини транспортних комунікацій;
- наявність зручних проходів для обслуговування та ремонту обладнання;
- можливість безпечного доступу до приводів, люків, засувки, оглядових вікон і контрольних точок;

- відокремлення зони утворення відходів від основного потоку очищеного насіння;
- забезпечення аспірації, вентиляції та пиловидалення;
- дотримання протипожежних розривів і безпечної експлуатації сушильного обладнання.

Робоча башта елеватора виконує функцію вузла приймання, очищення та розподілу насіння. Вертикальне переміщення матеріалу здійснюється за допомогою норії, що дає змогу подавати насіння на верхні рівні башти та самопливом спрямовувати його до відповідних технологічних машин. Такий принцип компонування зменшує кількість горизонтальних транспортерів, скорочує енерговитрати на переміщення матеріалу та забезпечує раціональне використання площі виробничого приміщення.

Після модернізації технологічний потік зберігає існуючу логіку руху насіння, схематично це зображено на рисунку 3.4. Зміна полягає у тому, що вологе насіння з надсушильного бункера подається на нову зерносушарку «Petkus WU-90», розташовану на території підприємства. Після сушіння насіння повертається у технологічну лінію та може бути направлене на зберігання у силоси або на подальше відвантаження.



Рисунок 3.4 – Послідовність технологічних операцій на удосконаленій лінії

Площу виробничого приміщення визначають з урахуванням площі, яку займає технологічне обладнання, проходів для обслуговування, зон ремонту та безпечної експлуатації машин. Для перевірного розрахунку використовуємо формулу:

$$F_{\text{заг}} = F_{\text{обл}} \cdot K, \quad (3.7)$$

де $F_{\text{заг}}$ – необхідна площа виробничого приміщення, м²;

$F_{\text{обл}}$ – сумарна площа, яку займає обладнання, м²;

K – коефіцієнт, що враховує проходи, зони обслуговування, ремонтні проміжки та допоміжні площі. Для елеваторних виробничих приміщень приймаємо ($K=1,6$).

Орієнтовну площу, яку займає обладнання у робочій башті, наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Орієнтовний розрахунок площі, зайнятої обладнанням у робочій башті

№	Найменування обладнання	Кількість, шт.	Орієнтовна площа на одиницю, м ²	Загальна площа, м ²
1	Ковшовий елеватор	1	2,0	2,0
2	Приймальний стрічковий транспортер	1	6,0	6,0
3	Надваговий бункер і ковшові ваги	1 комплект	8,0	8,0
4	Розподільний зернопровід	1	2,0	2,0
5	Повітряно-решітний сепаратор Petkus U-40	1	8,0	8,0
6	Трієр А9-УТК-6	1	5,0	5,0
7	Трієр А9-УТО-6	1	5,0	5,0
8	Підсепараторний бункер	1	4,0	4,0
9	Бункери для відходів	1 комплект	5,0	5,0
10	Допоміжні транспортери та самопливи	1 комплект	10,0	10,0
	Разом			55,0

Отже, сумарна орієнтовна площа, яку займає обладнання у робочій башті, становить, $F_{обл} = 55,0 \text{ м}^2$.

З урахуванням проходів, зон обслуговування та ремонтних проміжків необхідна площа виробничого приміщення становить:

$$F_{заг} = 55,0 \cdot 1,6 = 88,0 \text{ м}^2$$

Таким чином, для розміщення обладнання робочої башти необхідна площа становить орієнтовно $88,0 \text{ м}^2$. Оскільки умовами модернізації не передбачено встановлення додаткового обладнання у робочій башті, потреба у збільшенні площі виробничого приміщення відсутня. Наявне компонування обладнання може бути збережене, а виконання будівельного розширення робочої башти не є необхідним.

Окремо слід врахувати площу технологічного майданчика для встановлення зерносушарки «Petkus WU-90». Оскільки сушарка розміщується поза робочою баштою, її монтаж не впливає на площу виробничого приміщення. Для розміщення сушарки, теплогенератора, вентиляційного обладнання, проходів для обслуговування та під'їздів приймаємо орієнтовну площу майданчика:

$$F_{суш} = 12 \cdot 8 = 96 \text{ м}^2.$$

де 12 м – орієнтовна довжина технологічного майданчика;

8 м – орієнтовна ширина майданчика з урахуванням проходів і зон обслуговування.

Прийнята площа майданчика забезпечує можливість монтажу сушарки, доступу до теплогенератора, вентиляторів, люків, приводів, системи керування та елементів повітропроводів. Також така площа дозволяє організувати безпечно обслуговування обладнання, очищення робочої зони від пилу та відходів, а також проведення профілактичного ремонту.

Отже, модернізація технологічної лінії не потребує перепланування виробничого приміщення робочої башти елеватора. Основні зміни відбуваються на території підприємства за рахунок встановлення нової зерносушарки «Petkus WU-90» на окремому майданчику. Це дозволяє зберегти існуюче компонування обладнання у робочій башті, уникнути додаткових будівельних робіт усередині приміщення, забезпечити зручне обслуговування сушарки та підвищити ефективність роботи сушильної ділянки.

Висновки за розділом

Виконано технологічні та перевірочні розрахунки для модернізованої лінії первинної обробки насіння соняшника. Обґрунтовано вибір основного обладнання, зокрема зерносушарки «Petkus WU-90», повітряно-решітного сепаратора «Petkus U-40», трієрів «A9-УТК-6» і «A9-УТО-6», норії та транспортного обладнання.

Встановлено, що встановлення зерносушарки «Petkus WU-90» дозволяє підвищити ефективність сушіння, забезпечити рівномірне видалення вологи, зменшити енерговитрати та покращити якість підготовленого до зберігання насіння. Також визначено, що модернізація не потребує перепланування робочої башти елеватора, оскільки нова сушарка розміщується на окремому майданчику на території підприємства.

Проведений перевірочний розрахунок показав, що площа робочої башти є достатньою для розміщення наявного обладнання, а орієнтовна площа майданчика під сушарку становить 96 м². Отже, запропонована модернізація є технічно обґрунтованою, не потребує значних будівельних змін і сприяє підвищенню продуктивності та надійності технологічної лінії.

4 ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ НАССР

Впровадження елементів системи НАССР під час первинної обробки насіння соняшника є важливим заходом для забезпечення безпечності сировини, збереження її якості та запобігання появі небезпечних чинників у процесі подальшої переробки. Насіння соняшника після збирання може містити підвищену кількість домішок, пилу, пошкодженого насіння, мікроорганізмів, шкідників, а також мати надмірну вологість, що створює умови для самозігрівання і розвитку пліснявих грибів.

Основними небезпечними чинниками під час первинної обробки є фізичні, хімічні та біологічні небезпеки. До фізичних належать каміння, металеві частинки, скло, грудочки ґрунту, залишки рослин. Хімічними небезпеками можуть бути залишки пестицидів, паливно-мастильних матеріалів, мийних і дезінфікуючих засобів. Біологічні небезпеки пов'язані з розвитком пліснявих грибів, бактерій, шкідників зернових запасів та можливим накопиченням мікотоксинів.

Для зниження ризиків необхідно здійснювати вхідний контроль кожної партії насіння, визначати вологість, засміченість, запах, колір, зараженість шкідниками, наявність пошкодженого та зіпсованого насіння. Особливу увагу слід приділяти роботі очисного обладнання, магнітних уловлювачів, сушарки та умовам зберігання. Дотримання режимів сушіння дозволяє знизити вологість насіння до безпечного рівня, запобігти самозігріванню та зберегти якісні показники сировини.

Результати досліджень щодо визначення ККТ під час первинної обробки насіння соняшника наведені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Визначення ККТ під час первинної обробки насіння соняшника

Технологічна операція	Можливі небезпечні чинники	Контрольний захід	ККТ/КТ	Спосіб контролю
Приймання насіння	Підвищена вологість, зараженість шкідниками, пліснява, сторонній запах, залишки пестицидів	Вхідний лабораторний контроль партії	КТ	Перевірка документів, визначення вологості, засміченості, органолептична оцінка
Попереднє очищення	Каміння, грудочки ґрунту, рослинні рештки, пил	Видалення крупних і легких домішок	КТ	Контроль роботи сепараторів, огляд очищеного насіння
Магнітний контроль	Металомагнітні домішки	Встановлення магнітних уловлювачів	ККТ-1	Регулярне очищення магнітів, перевірка їх справності
Сушіння насіння	Підвищена вологість, самозігрівання, розвиток плісняви, перегрівання насіння	Дотримання температури теплоносія та кінцевої вологості	ККТ-2	Контроль температури сушіння, вологості до і після сушіння
Охолодження після сушіння	Повторне зволоження, конденсація вологи, самозігрівання	Охолодження до безпечної температури	КТ	Вимірювання температури насіннєвої маси
Основне очищення	Залишкова сміттєва та олійна домішка	Доведення насіння до кондиційної чистоти	КТ	Визначення вмісту домішок після очищення
Транспортування	Вторинне забруднення, пошкодження насіння, потрапляння пилу	Санітарний стан транспортерів і норій	КТ	Огляд обладнання, контроль герметичності
Зберігання	Самозігрівання, розвиток шкідників, плісняви, підвищення кислотного числа олії	Контроль вологості, температури, вентиляції та зараженості	ККТ-3	Періодичне вимірювання температури, вологості, огляд насіння

Отже, найбільш важливими критичними контрольними точками під час первинної обробки насіння соняшника є магнітний контроль, сушіння та зберігання. Саме на цих етапах існує найбільший ризик потрапляння небезпечних домішок, розвитку мікрофлори, самозігрівання або погіршення якості насіння. Впровадження елементів НАССР дає змогу своєчасно виявляти відхилення, контролювати технологічні параметри та забезпечувати безпечність сировини для подальшої переробки.

Висновки за розділом

Розглянуто впровадження елементів системи НАССР під час первинної обробки насіння соняшника. Встановлено, що основними небезпечними чинниками є фізичні, хімічні та біологічні забруднення, які можуть виникати на етапах приймання, очищення, сушіння, транспортування та зберігання сировини.

Визначено критичні контрольні точки технологічного процесу: магнітний контроль, сушіння та зберігання насіння. Контроль цих операцій дає змогу запобігти потраплянню металоманітних домішок, розвитку плісняви, самозігріванню та погіршенню якості насіння. Впровадження елементів НАССР забезпечує стабільність технологічного процесу, підвищує безпечність сировини та створює умови для її якісної подальшої переробки.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1 Розробка карти безпеки праці під час сушіння насіння соняшника

Карта безпеки праці під час сушіння насіння соняшника розробляється з метою запобігання виробничому травматизму, професійним ризикам, пожежонебезпечним ситуаціям та забезпечення безпечної експлуатації сушильного обладнання. До роботи на ділянці сушіння допускаються працівники, які пройшли інструктаж з охорони праці, пожежної безпеки, навчання безпечним методам роботи та мають відповідний допуск до обслуговування обладнання.

Під час сушіння насіння соняшника працівник може зазнавати впливу підвищеної температури теплоносія, гарячих поверхонь сушарки, рухомих частин транспортерів, норій, вентиляторів, електрообладнання, пилу органічного походження, шуму, вібрації та ризику займання пилоповітряної суміші. Особливу небезпеку становить порушення режимів сушіння, накопичення пилу, несправність вентиляційної системи, засмічення обладнання та відсутність контролю температури насінневої маси.

Для безпечної роботи на ділянці сушіння необхідно регулярно очищати обладнання від пилу та залишків насіння, контролювати справність вентиляції, аспіраційної системи, електропроводки, заземлення та засобів пожежогасіння. Забороняється працювати на несправному обладнанні, знімати захисні огороження, відкривати люки під час роботи сушарки, проводити ремонт без повного відключення обладнання, палити або користуватися відкритим вогнем у виробничій зоні.

У разі появи запаху гару, задимлення, підвищення температури вище допустимого рівня, зупинки вентилятора або стороннього шуму працівник повинен негайно припинити роботу обладнання, відключити подачу теплоносія, повідомити керівника зміни та діяти відповідно до інструкції з пожежної безпеки.

На рисунку 5.1 наведено картку безпеки праці під час сушіння насіння соняшника.



Рисунок 5.1 – Картка безпеки праці під час сушіння насіння соняшника

Отже, дотримання карти безпеки праці під час сушіння насіння соняшника дозволяє знизити ризик травмування працівників, запобігти пожежам і вибухонебезпечним ситуаціям, забезпечити стабільну та безпечну роботу сушильної ділянки.

5.2 Шляхи утилізації відходів на підприємствах з первинної обробки насіння олійних культур

Під час первинної обробки насіння олійних культур на підприємствах утворюються різні види відходів: рослинні рештки, пил, лузга, биті та щуплі насінини, сміттєві домішки, мінеральні домішки, відходи після очищення, а також відпрацьовані фільтрувальні матеріали. Їх накопичення без належної утилізації може призводити до забруднення виробничої території, підвищення пожежної небезпеки, розвитку шкідників і погіршення санітарного стану підприємства.

Основним напрямом поводження з відходами є їх роздільне збирання, тимчасове зберігання у спеціально відведених місцях і подальше використання або передача спеціалізованим організаціям. Відходи рослинного походження, що не містять небезпечних домішок, можуть використовуватися як кормові добавки, сировина для виробництва органічних добрив, компосту або біопалива. Лузга соняшника має високу теплотворну здатність, тому її доцільно використовувати для виробництва паливних брикетів, пелет або як паливо для котельного обладнання.

Пил, що утворюється під час очищення, транспортування та сушіння насіння, необхідно видаляти за допомогою аспіраційних систем, циклонів і фільтрів. Зібраний пил може бути використаний у складі органічних добрив або утилізований відповідно до санітарних вимог. Особливу увагу слід приділяти попередженню накопичення пилу у виробничих приміщеннях, оскільки він підвищує ризик займання та вибухонебезпечних ситуацій.

Мінеральні домішки, каміння, грудочки ґрунту, металеві включення та інші неорганічні відходи не можуть використовуватися у кормових або енергетичних цілях, тому їх збирають окремо та передають на утилізацію або вивезення як побутові чи виробничі відходи. Металомагнітні домішки після магнітного контролю збирають окремо та можуть передаватися як металобрухт.

Рациональна організація утилізації відходів на підприємствах з первинної обробки насіння олійних культур дозволяє зменшити негативний вплив на

навколишнє середовище, підвищити санітарну безпеку виробництва, знизити пожежні ризики та отримати додатковий економічний ефект від використання вторинної сировини.

Основні види відходів та напрями їх утилізації представлені на рисунку 5.2.



Рисунок 5.2 – Основні види відходів та напрями їх утилізації

Отже, відходи, що утворюються під час первинної обробки насіння олійних культур, можуть бути частково використані як вторинна сировина. Найбільш перспективними напрямками є виробництво біопалива з лузги, компостування рослинних решток, використання кондиційних побічних продуктів у кормових цілях та передача неорганічних домішок на спеціалізовану утилізацію.

Висновки за розділом

Розглянуто питання охорони праці та захисту навколишнього середовища під час первинної обробки насіння соняшника. Визначено основні небезпечні фактори на ділянці сушіння: високу температуру, рухомі механізми, пил, шум, вібрацію, електробезпеку та ризик займання.

Встановлено, що дотримання карти безпеки праці, використання засобів індивідуального захисту, контроль справності обладнання, вентиляції та засобів пожежогасіння забезпечують безпечну роботу сушильної ділянки.

Розглянуто основні види відходів і напрями їх утилізації. Найбільш доцільними є використання лузги як біопалива, компостування рослинних решток, збирання пилу аспіраційними системами та передача неорганічних домішок на спеціалізовану утилізацію. Таким чином, запропоновані заходи сприяють підвищенню безпеки виробництва та зменшенню негативного впливу на довкілля.

6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Метою техніко-економічного розрахунку є визначення доцільності модернізації технологічної лінії з первинної обробки насіння соняшника за рахунок заміни застарілих зерносушарок ДСП-32 на сучасну шахтну зерносушарку Petkus WU-90.

У результаті модернізації передбачається підвищення продуктивності сушильної ділянки, зменшення витрат палива та електроенергії, зниження втрат насіння, покращення рівномірності сушіння та підвищення якості сировини, що надходить на зберігання або подальшу переробку. Вихідні дані до розрахунку наведені у таблиці 6.1.

6.1. Вихідні дані для розрахунку

Вихідні дані для розрахунку показників економічної ефективності проєкту представлені у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Вихідні дані для розрахунку

Показник	Позначення	Значення
Обсяг приймання насіння до модернізації, т	Q_1	30000
Обсяг приймання насіння після модернізації, т	Q_2	35000
Приріст обсягу приймання, т	ΔQ	5000
Продуктивність зерносушарки Petkus WU-90, т/год	P	80
Частка насіння, що потребує сушіння, %	α	75
Обсяг насіння, що проходить сушіння, т	Q_c	26250
Умовне зниження витрат на сушіння, грн/т	E_c	55
Додатковий дохід від обробки додаткового обсягу, грн/т	D_d	250
Зменшення втрат насіння, %	β	0,2
Орієнтовна вартість насіння соняшника, грн/т	C	12000

Обсяг насіння, що потребує сушіння, визначаємо за формулою:

$$Q_c = Q_2 \cdot \frac{\alpha}{100}, \quad (6.1)$$

$$Q_c = 35000 \cdot \frac{75}{100} = 26250 \text{ т.}$$

Отже, після модернізації орієнтовний обсяг насіння, що проходитиме сушіння, становитиме 26250 т.

6.2 Розрахунок капітальних вкладень

Капітальні вкладення включають витрати на придбання зерносушарки, її доставку, монтаж, підготовку майданчика, підключення до транспортних комунікацій, електропостачання, автоматизацію та пусконаладжувальні роботи.

Результати розрахунку капітальних вкладень наведені у таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – результати розрахунку капітальних вкладень

Стаття витрат	Орієнтовна сума, тис. грн
Придбання зерносушарки Petkus WU-90	10000
Доставка обладнання	500
Монтажні роботи	1500
Підготовка технологічного майданчика	700
Підключення до транспортних комунікацій	600
Електромонтажні та автоматизаційні роботи	800
Пусконаладжувальні роботи	300
Разом капітальні вкладення	14400

Загальна сума капітальних вкладень становить, $K = 14400$ тис. грн.

6.3 Розрахунок економії експлуатаційних витрат

Економія витрат на сушіння досягається за рахунок зменшення питомих витрат палива, електроенергії, скорочення тривалості обробки насіння та підвищення рівномірності сушіння.

Річна економія витрат на сушіння визначається за формулою:

$$E_1 = Q_c \cdot E_c, \quad (6.2)$$

$$E_1 = 26250 \cdot 55 = 1443750 \text{ грн.}$$

Отже, економія витрат на сушіння становить, $E_1 = 1443,75$ тис. грн.

6.4 Розрахунок додаткового доходу від збільшення обсягів приймання

Після встановлення зерносушарки Petkus WU-90 обсяг приймання насіння соняшника зростає на 5000 т. Додатковий дохід від обробки цього обсягу визначається за формулою:

$$E_2 = \Delta Q \cdot D_o, \quad (6.3)$$

$$E_2 = 5000 \cdot 250 = 1250000 \text{ грн}$$

Отже, додатковий дохід становить, $E_2 = 1250,0$ тис. грн.

6.5 Розрахунок ефекту від зменшення втрат насіння

Завдяки рівномірнішому сушінню, зниженню травмування насіння та автоматизованому контролю процесу очікується зменшення втрат сировини. Розрахунок виконуємо за формулою:

$$E_3 = Q_2 \cdot \frac{\beta}{100} \cdot C, \quad (6.4)$$

$$E_3 = 35000 \cdot \frac{0,2}{100} \cdot 12000 = 840000 \text{ грн.}$$

Отже, економічний ефект від зниження втрат насіння становить, $E_3 = 840,0$ тис. грн.

6.6 Економія витрат на ремонт та обслуговування

Оскільки зерносушарки ДСП-32 є фізично зношеними та потребують значних витрат на ремонт, після їх заміни очікується зниження витрат на технічне обслуговування. Орієнтовно приймаємо економію, $E_4 = 300,0$ тис. грн.

6.7 Загальний річний економічний ефект

Загальний річний економічний ефект визначається як сума отриманих складових:

$$E_{\text{заг}} = E_1 + E_2 + E_3 + E_4, \quad (6.5)$$

$$E_{\text{заг}} = 1443,75 + 1250,0 + 840,0 + 300,0 = 3833,75 \text{ тис. грн.}$$

Отже, загальний річний економічний ефект від модернізації становить,
 $E_{\text{заг}} = 3833,75$ тис. грн.

6.8 Розрахунок строку окупності капітальних вкладень

Строк окупності визначають за формулою:

$$T = \frac{K}{E_{\text{заг}}}, \quad (6.6)$$

$$T = \frac{14400}{3833,75} = 3,76 \text{ року.}$$

Отже, строк окупності проекту модернізації становить приблизно 3,8 року.

6.9 Розрахунок коефіцієнта економічної ефективності

Коефіцієнт економічної ефективності визначаємо за формулою:

$$E = \frac{E_{\text{заг}}}{K}, \quad (6.7)$$

$$E = \frac{3833,75}{14400} = 0,266$$

Рівень рентабельності капітальних вкладень становить,
 $P = 0,266 \cdot 100 = 26,6\%$.

Основні техніко-економічні показники проекту представлені у таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Основні техніко-економічні показники проєкту

Показник	До модернізації	Після модернізації	Зміна
Обсяг приймання насіння, т	30000	35000	+5000
Продуктивність сушильної ділянки, т/год	нижча	80	зростає
Обсяг насіння, що проходить сушіння, т	-	26250	-
Річний економічний ефект, тис. грн	-	3833,75	+3833,75
Капітальні вкладення, тис. грн	-	14400	-
Строк окупності, років	-	3,8	-
Коефіцієнт економічної ефективності	-	0,266	-
Рентабельність капітальних вкладень, %	-	26,6	-
Зменшення втрат насіння, %	-	0,2	позитивний ефект
Якість сушіння	нерівномірна	рівномірна	покращується
Рівень автоматизації	низький	підвищений	покращується

Висновки за розділом

Проведені техніко-економічні розрахунки підтверджують доцільність модернізації технологічної лінії з первинної обробки насіння соняшника. Встановлення шахтної зерносушарки Petkus WU-90 дозволяє збільшити обсяг приймання сировини на 5000 т, знизити експлуатаційні витрати на сушіння, зменшити втрати насіння та підвищити якість підготовленої сировини.

Загальний річний економічний ефект становить 3833,75 тис. грн, а строк окупності капітальних вкладень – близько 3,8 року. Рентабельність капітальних вкладень складає 26,6 %, що свідчить про економічну ефективність запропонованого проєкту. Отже, модернізація сушильної ділянки є технічно обґрунтованою та економічно доцільною.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Розглянуто питання удосконалення ділянки сушіння технологічної лінії з первинної обробки насіння соняшника. Встановлено, що соняшник є однією з провідних олійних культур України та має важливе значення для агропромислового комплексу, олійно-жирової, кормової та біоенергетичної промисловості.

Охарактеризовано насіння соняшника як об'єкт первинної обробки. Визначено, що його якість залежить від вологості, засміченості, вмісту олійної та сміттєвої домішки, стану ядра, цілісності лузги, олійності та кислотного числа олії. Згідно з ДСТУ 7011:2009, для забезпечення подальшого зберігання і переробки насіння має відповідати встановленим показникам якості.

Проаналізовано діючу технологічну лінію первинної обробки насіння соняшника та встановлено, що найбільш проблемною операцією є сушіння. Наявні зерносушарки ДСП-32 є морально та фізично застарілими, характеризуються підвищеними витратами палива, недостатньою продуктивністю, нерівномірністю сушіння та значними витратами на обслуговування.

Обґрунтовано доцільність заміни існуючого сушильного обладнання на сучасну шахтну зерносушарку Petkus WU-90 продуктивністю близько 80 т/год. Її впровадження забезпечує рівномірне видалення вологи, автоматизований контроль процесу, зниження травмування насіння, зменшення енерговитрат і покращення якості сировини, підготовленої до зберігання.

Виконано технологічні та перевірочні розрахунки модернізованої лінії. Обґрунтовано вибір основного обладнання: зерносушарки Petkus WU-90, повітряно-решітного сепаратора Petkus U-40, трієрів А9-УТК-6 і А9-УТО-6, норії та транспортного обладнання. Встановлено, що наявна площа робочої башти є достатньою для розміщення обладнання, а модернізація не потребує її перепланування, оскільки нова зерносушарка розміщується на окремому майданчику площею близько 96 м² на території підприємства.

Розглянуто впровадження елементів системи НАССР під час первинної обробки насіння соняшника. Визначено основні небезпечні чинники: фізичні, хімічні та біологічні забруднення. Критичними контрольними точками встановлено магнітний контроль, сушіння та зберігання, контроль яких дає змогу запобігти потраплянню металомагнітних домішок, розвитку плісняви, самозігріванню та погіршенню якості насіння.

Розроблено заходи з охорони праці та захисту навколишнього середовища. Визначено основні небезпечні фактори на ділянці сушіння: високу температуру, рухомі механізми, пил, шум, вібрацію, електробезпеку та ризик займання. Запропоновано напрями утилізації відходів, зокрема використання лузги як біопалива, компостування рослинних решток, збирання пилу аспіраційними системами та передачу неорганічних домішок на спеціалізовану утилізацію.

Проведені техніко-економічні розрахунки підтвердили ефективність запропонованої модернізації. Встановлення зерносушарки Petkus WU-90 дає змогу збільшити обсяг приймання сировини на 5000 т, знизити експлуатаційні витрати на сушіння, зменшити втрати насіння та підвищити якість підготовленої сировини. Загальний річний економічний ефект становить 3833,75 тис. грн, строк окупності капітальних вкладень – близько 3,8 року, а рентабельність капітальних вкладень – 26,6 %.

Отже, запропоноване удосконалення ділянки сушіння технологічної лінії з первинної обробки насіння соняшника є технічно обґрунтованим, економічно доцільним і практично значущим для підвищення продуктивності, енергоефективності, безпечності та надійності роботи підприємства.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Півоваров О.А., Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційний інжиніринг в окремих галузях харчового виробництва. Дніпро: ФОП Обдимко О.С., 2022. 407 с.
2. Станкевич Г. М., Страхова Т. В., Борта А. В. Сушіння зерна. Одеса: 2021. 348 с.
3. Станкевич Г. М., Страхова Т. В., Борта А. В. Основи сушіння зерна. Одеса: 2022. 208 с.
4. Дацишин О. В., Ткачук А. І., Гвоздєв О. В. та ін. Технологічне обладнання зернопереробних та олійних виробництв. Вінниця: Нова Книга, 2008. 488 с.
5. Мазур В. А., Домарецький В. А., Шиян П. Л. Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва. Вінниця: Нова Книга, 2009. 544 с.
6. Подпрятков Г. І., Скалецька Л. Ф., Сеньков А. М., Хилевич В. С. Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва. Київ: Мета, 2010. 495 с.
7. Єгоров Б. В., Макаринська А. В. Технологія виробництва рослинних олій. Одеса: Друк, 2015. 444 с.
8. Єгоров Б. В., Макаринська А. В. Технологічне обладнання підприємств олійно-жирової галузі. Одеса: Астропринт, 2013. 312 с.
9. Технологія виробництва рослинних олій: підручник / Ф. Ф. Гладкий, М. Ф. Тимченко, О. П. Черевко [та ін.]; за ред. проф. Ф. Ф. Гладкого. Харків: НТУ «ХПІ», 2011. 408 с.
10. Процеси та апарати харчових, хімічних та нафтопереробних виробництв: підручник / В. М. Топоровський, Б. М. Міняйло, С. П. Сірий. Хмельницький: ХНУ, 2021. 462 с.
11. Проектування підприємств олійно-жирової галузі з основами САПР: навч. посібник / М. Ф. Тимченко, І. В. Левчук. Харків: НТУ «ХПІ», 2016. 210 с.

12. Півоваров О.А., Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційні методи визначення показників якості зерна: Навчальний посібник / О.А. Півоваров, О.С. Ковальова, В.С. Кошулько. Дніпро: ДДАЕУ, 2023. 325 с.
13. Технологічне обладнання олійно-жирових виробництв: навч. посібник / О. П. Черевко, В. О. Поперечний, Л. М. Михайлов. Харків: ХДУХТ, 2014. 320 с.
14. Кобець, А. С., Сокол, С. П., Пугач, А. М., Чурсінов, Ю. О., Півоваров, О. А., Миколенко, С. Ю., ... & Худайбердієва, К. А. (2022). Землеробська механіка. Т. 4. Інноваційні технології харчових виробництв.
15. ДСТУ 7011:2009. Насіння соняшнику. Технічні умови. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2009.
16. ДСТУ 4964:2008. Насіння сої. Технічні умови. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2008.
17. ДСТУ 4966:2008. Насіння ріпаку для промислового перероблення. Технічні умови. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2008.
18. ДСТУ EN ISO 665:2022. Насіння олійних культур. Визначення вмісту вологи та летких речовин. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2022.
19. ДСТУ ISO 665:2008. Насіння олійних культур. Визначення вмісту вологи та летких речовин. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2008.
20. ДСТУ ISO 6644:2005. Зернові та продукти їх переробки. Автоматичний відбір проб. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2005.
21. Івченко М. В. (2024). Удосконалення технологічної лінії з первинної обробки насіння олійних культур.
22. Носенко, Т. Т. (2016). Наукові засади ресурсозберігаючих технологій переробки насіння олійних культур.
23. Чурсінов, Ю. А., Ковальова, О. С., Калина, В. С., Пилипенко, Г. О., & Хомик, Н. І. (2020). Аналітичне дослідження перспективи процесів автоматизації прийому, оцінки якості та закладання зерна на зернопереробних підприємствах.
24. Mujumdar, A. S. (Ed.). Handbook of Industrial Drying (4th ed.). Boca Raton: CRC Press, 2014.

25. Kudra, T., & Mujumdar, A. S. *Advanced Drying Technologies* (2nd ed.). Boca Raton: CRC Press, 2009.
26. Brooker, D. B., Bakker-Arkema, F. W., & Hall, C. W. *Drying and Storage of Grains and Oilseeds*. Springer, 1992.
27. Fellows, P. J. *Food Processing Technology: Principles and Practice* (5th ed.). Woodhead Publishing, 2022.
28. Singh, R. P., & Heldman, D. R. *Introduction to Food Engineering* (5th ed.). Academic Press, 2014.
29. Gunstone, F. D. *Vegetable Oils in Food Technology: Composition, Properties and Uses* (2nd ed.). Wiley-Blackwell, 2011.
30. Shahidi, F. (Ed.). *Bailey's Industrial Oil and Fat Products* (6th ed.). Wiley, 2005.
31. Hamm, W., Hamilton, R. J., & Calliauw, G. *Edible Oil Processing*. Wiley-Blackwell, 2013.
32. Hellevang, K. J. *Sunflower Production Guide – Drying and Storage*. North Dakota State University Extension, USA.
33. Texas A&M AgriLife Extension. *Sunflower Production Guide: Harvesting, Drying and Storage*.
34. ASHRAE Handbook. *Drying and Storing Selected Farm Crops* (Soybeans section), American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2019.
35. University of Vermont Extension. *Oilseed Storage and Cleaning Fact Sheet*, 2022.
36. USDA / NDSU Extension Publications. *Canola and Soybean Storage Guidelines and Drying Requirements*.