

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розробка технології переробки в олію насіння соняшника
з обґрунтуванням параметрів насіннерушильної машини

Виконав(ла): студент(ка) 2 курсу, групи МГм-61
спеціальності 208 Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

	(підпис)	Найдух Н.О. (прізвище та ініціали)
Керівник	(підпис)	Хомик Н.І. (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	(підпис)	Сташків М.Я. (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	(підпис)	Бабій А.В. (прізвище та ініціали)
Рецензент	(підпис)	. (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Кафедра Технічної механіки та сільськогосподарських машин
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Бабій А.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

20__ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 208 Агроінженерія
(шифр і назва спеціальності)

студенту Найдуху Назару Олеговичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка технології переробки в олію насіння соняшника
з обґрунтуванням параметрів насіннерушильної машини

Керівник роботи Хомик Надія Ігорівна, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 14 » листопада 2025 року № 4/7-969

2. Термін подання студентом завершеної роботи 22 грудня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи продуктивність олійниці при переробці насіння соняшника 3,6 т/год; олійність жмиху 5-10%; товщина жмихової черепашки 6-8 мм; сумарна встановлена потужність електродвигунів у приводу машин переробного цеху 19,5 кВт; потужність електродвигуна для сортування насіння соняшника 0,75 кВт, частота обертів 1000 об/хв; потужність електродвигуна машини для обрушування насіння соняшника 2,2 кВт, частота обертів 1500 об/хв; потужність електродвигуна вальців 5,5 кВт; частота обертів 1500 об/хв.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Реферат. Вступ. 1. Цінність соняшника. аналіз технологій та обладнання для його переробки.

2. Обґрунтування технології переробки в олію насіння соняшника та параметрів насіннерушильної машини. 3. Проектування цеху для виробництва соняшникової олії.

4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Загальні висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точних зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Мета, предмет, об'єкт, задачі дослідження. 2. Повна технологічна схема виробництва олії.

Насіннерушильні машини для насіння соняшника. 3. Технологічна схема переробки насіння соняшника в цеху. 4. Насіннерушильна машина для насіння соняшника. 5. Приймальний

бункер насіннерушильної машини. 6-7. Деталі насіннерушильної машини. 8. Агрегат експелерний для віджиму олії. 9. План цеху для переробки насіння соняшника в олію.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Сенчишин В.С., к.т.н., доц. каф. МТ		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	Теслюк В.М., проректор з адміністративно-господарської роботи		

7. Дата видачі завдання

15 листопада 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін етапів виконання роботи	Примітка
1	Цінність соняшника. аналіз технологій та обладнання для його переробки	до 18.11.2025	
2	Обґрунтування технології переробки в олію насіння соняшника та параметрів насіннерушальної машини	до 28.11.2025	
3	Проектування цеху для виробництва соняшникової олії	до 08.12.2025	
4	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	до 10.12.2025	
5	Реферат. Вступ. Загальні висновки	до 10.12.2025	
6	Ілюстративний матеріал	до 10.12.2025	

Студент

(підпис)

Найдух Н.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Хомик Н.І.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Автор роботи – Найдух Назар Олегович.

Тема роботи – «Розробка технології переробки в олію насіння соняшника з обґрунтуванням параметрів насіннерушильної машини». Робота виконана на кафедрі технічної механіки та сільськогосподарських машин Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Керівник роботи – Хомик Надія Ігорівна, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин.

Структура роботи. Робота складається зі вступу, 4 розділів, загальних висновків, переліку посилань (37 найменувань). Загальний обсяг текстової частини – 58 сторінок на яких є 9 рисунків, додатки розміщені на 20 сторінках. Ілюстративний матеріал розміщений на 9 аркушах формату А4.

Актуальність теми роботи. Якість переробки насіння соняшника в олію суттєво залежить від максимального відділення плодових оболонок від ядра. Проаналізувавши використовувані схеми переробки насіння соняшника в олію та застосовуване для цього обладнання, у роботі потрібно розробити технологію переробки його насіння в олію, вибравши спосіб отримання олії, який здешевив би процес забезпечуючи потрібну якість кінцевого продукту. Покращити технологію виготовлення олії можна виконавши удосконалення насіннерушильної машини за рахунок зміни конструкції її приводу.

Мета роботи: розробити технологію переробки в олію насіння соняшника, підібрати необхідне обладнання для переробного цеху та дослідити параметри насіннерушильної машини.

Мета роботи потребує вирішення таких завдань:

- проаналізувати значення соняшника для виготовлення олії;
- проаналізувати способи та обладнання використовувані при переробці насіння соняшника в олію;
- обґрунтувати технологію переробки в олію насіння соняшника і підібрати обладнання для переробного цеху;
- обґрунтувати параметри насіннерушильної машини (зміни у конструктивно-технологічній схемі машини; значення її основних параметрів для продуктивної роботи переробного цеху; розрахувати на міцність вал

бичового барабана насіннерушки);

- виконати проєктні розрахунки цеху для виробництва соняшникової олії;
- виконати проєкт плану цеху для переробки насіння соняшника в олію;
- обґрунтувати доцільність проєктованого цеху з виробництва олії;
- розробити заходи охорони праці при виробництві соняшникової олії;
- розрахувати систему освітлення цеху з виробництва соняшникової олії.

Об’єкт дослідження. Насіннерушильна машина для обрешування насіння соняшника з метою переробки в олію.

Предмет дослідження. Технологічні, кінематичні та міцнісні розрахунки насіннерушильної машини для обрешування насіння соняшника. Технологія переробки в олію насіння соняшника.

Практичне значення отриманих результатів. Розроблено технологію переробки в олію насіння соняшника і вибрано обладнання для цеху з переробки. Запропонована технологія поєднує два механічні процеси: перший – обробка насіння, другий – обробка м’ятки для отримання олії. Виконані проєктні розрахунки цеху для виробництва соняшникової олії, розроблено проєкт плану цеху та обґрунтовано його доцільність, а саме: продуктивність машин, які використані у технологічній лінії виробництва олії повністю забезпечують виробничі потужності і переробляють за зміну 8т насіння соняшника, цех працює у дві зміни, потреба у сировині протягом доби – 16 т, з яких отримують 6,1 т мезги з якої віджимають олію, жмиху 5,9 т, побічної продукції (лузги, фугату) – 2,4 т та сторонніх домішок 0,48 т.

Для покращення відділення плодових оболонок від ядра соняшника удосконалено насіннерушильну машину продуктивністю 530 кг/год – змінено конструкцію приводу виконавчих механізмів (ситового кузова, просіюючого пристрою, ексцентриковий вал і прийомного пристрою), щоб усі вони працювали від одного двигуна, тим самим зменшено кількість використовуваних шківів і пасів пасових передач та підшипників для встановлення валів, спрощено конструкцію машини і зменшено її металоємність. Розраховано вал бичового барабана.

Ключові слова: насіння соняшника, технологія переробки, пресування, олія, м’ятка, насіннерушильна машина, клинопасова передача.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. ЦІННІСТЬ СОНЯШНИКА. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЙОГО ПЕРЕРОБКИ	8
1.1. Значення соняшника для виготовлення олії	8
1.2. Аналіз способів та обладнання при переробці соняшника в олію	10
1.3. Обґрунтування вибору теми	17
2. ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ В ОЛІЮ НАСІННЯ СОНЯШНИКА ТА ПАРАМЕТРІВ НАСІННЄРУШИЛЬНОЇ МАШИНИ	18
2.1. Аналізування з обґрунтуванням технології переробки в олію насіння соняшника з підбиранням обладнання для цеху	18
2.2. Обґрунтування параметрів насіннєрушильної машини	25
2.2.1. Обґрунтування змін у конструктивно-технологічній схемі насіннєрушильної машини	25
2.2.2. Основні параметри насіннєрушильної машини та їх значення для продуктивної роботи цеху	27
2.2.3. Розрахунок на міцність вала бичового барабана насіннєрушки	32
3. ПРОЄКТУВАННЯ ЦЕХУ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ	37
3.1. Проєктні розрахунки цеху для виробництва олії соняшnikової	37
3.2. Проєкт плану цеху для переробки насіння соняшника та його обслуговування	40
3.3. Обґрунтування доцільності проєктованого цеху з виробництва олії	41
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	45
4.1. Заходи охорони праці при виробництві соняшnikової олії	45
4.2. Розрахунок системи освітлення для цеху з виробництва соняшnikової олії	48
4.3. Захист виробничого персоналу при виникненні надзвичайних ситуацій	49
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	52
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	53
ДОДАТКИ	58

ВСТУП

Серед сільськогосподарських рослин окремою групою виділяють олійні культури, які містять жир у плодах або насінні; наприклад, соняшник, льон-кучерявець, ріпак, рицину, кунжут, сафлор та деякі інші рослини вирощують з метою отримання харчової олії та олії для переробної галузі – технічної олії. Є також рослини, які мають комплексне використання, іноді їх називають технічні або волокнисті чи прядивні культури, так як коноплі, льон-довгунець, бавовник та кенаф, з яких виготовляють цінне волокно, а олію отримують як побічний продукт переробки. Є олійні рослини, наприклад, коріандр, кмин, аніс, фенхель та інші, вони мають специфічний запах, їх вирощують, щоб добувати з них ефірні масла необхідні для парфумерії та миловаріння, ці рослини також містять жири, з яких отримують технічну олію. Частково нішу харчових олій заповнюють ріпакова, кукурудзяна і соєва. Однак основним джерелом для отримання харчової олії є насіння соняшника, з якого виробляють більше 900 тисяч тонн олії щорічно, що у десятки разів перевищує виробництво ріпакової та у сотні разів – кукурудзяної і соєвої.

Соняшникова олія – незамінний продукт харчування, використовують безпосередньо в їжу, а також як складник багатьох харчових продуктів. Конкурентами її є рослинні жири тропічної групи – пальмова і кокосова, які широко використовують у харчовій промисловості. Загалом Україна потребує рослинної олії біля 300 тис.тон щорічно, більшу частину якої, майже 2/3 забирають підприємства з виготовлення маргарину і майонезу, решта використовують у виробництві молочної (морозиво і легке вершкове масло вмістить рослинну олію, переважно пальмову), кондитерської (використовують тропічні олії – пальмову і кокосову), хлібобулочної продукції, для виготовлення рибних консерв, для миловарної (більша половина соняшникової олії), парфумерно-косметичної (соняшникову майже не використовують), лакофарбової продукції та для отримання стеарину, клейонки, лінолеуму, електроарматури, водонепроникної тканини (нижчі сорти соняшникової олії).

Соняшник є цінною кормовою культурою для годівлі тварин: зелену масу силосують, сухими кошиками годують птицю; використовують також побічні продукти переробки насіння соняшника: лузгу, макуху, шрот.

1. ЦІННІСТЬ СОНЯШНИКА. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЙОГО ПЕРЕРОБКИ

1.1. Значення соняшника для виготовлення олії

Переважаючою олійною культурою в Україні є соняшник на посіви якого припадає біля 70 % зайнятих площ.

Особливістю олійних культур є наявність олії у насінні і/чи плодах, вміст якого змінюється від 20 до 60 %, на нього впливають вид і сорт культури та умови її вирощування.

Соняшникова олія є необхідним продуктом харчування, їй властиві висока калорійність; її харчові якості, зокрема вміст важливих для людського організму вітамінів А, D, Е, К вищий, ніж в оліях отримуваних з інших рослин.

Олію соняшникову відносять до групи напіввисихаючих, її відмінність і цінність зумовлена високим вмістом поліненасиченої жирної лінолевої кислоти, для якої притаманна висока біологічна активність. Цей складник незамінний для раціону харчування людини, оскільки лінолева кислоти пришвидшує метаболізм ефірів холестерину, тим самим чинить позитивний вплив на стан здоров'я [16, 22, 23, 24].

Соняшник в Україні раніше вирощували переважно у зоні Степу – це Донецька та Дніпровська області. Однак через зміни кліматичних умов, вищі літні температури, довша тривалість теплого періоду зона вирощування соняшника значно розширилася і тепер займає велику частину посівних площ у Лісостепу України. Врожайність соняшника 20 ц/га і більше.

Соняшник відносять до просапних культур, він є добрим попередником для багатьох інших польових культур, часто посіви соняшника використовують як кулісні для накопичення та затримання танення снігу на полях.

У ботанічній класифікації соняшник входить у сімейство складноцвітих, рослини високі (до 2,5м), посухостійкі та перехреснозапильні. Плід – сім'янка, утворюється і розвивається у багатоквітковому кошику. Насіння може мати різні кольори: білий, сірий, чорний, чорно-фіолетовий, смугастий сіро-білий. Враховуючи морфологічні ознаки і будову насіння соняшник посівний

поділяють на три групи (рис. 1.1): олійний поз. 2 (у нього тонке стебло висота якого 1,5-2,5 м, має невеликі кошики діаметром 15-20см з дрібним насінням, довжиною 7-13 мм, ядро практично повністю заповнює насінину, маса тисячі насінин 35-75 гр, лузжистість 25-35 %, олійність – 38-56 %); гризовий поз. 1 (у нього товсте стебло, висота сягає до 4 м, кошики великі, діаметр їх 25-40 см, насінини мають довжину 11-23 мм, ядро наповнює лише половину насінин, маса тисячі насінин 100-170 гр, лузжистість – 42-56 %, олійність 20-35 %); межеумок поз. 3 (є проміжним між першими двома, те, наскільки він наповняє насінин є ближчим до олійного, решту ознаки притаманні гризовому) [22, 24].

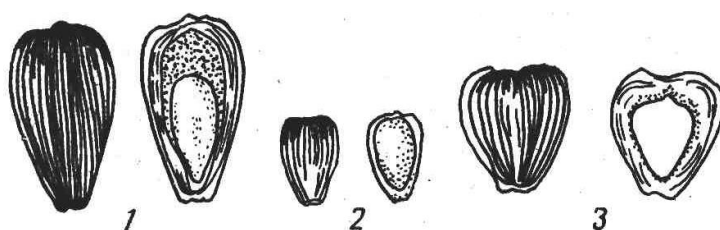


Рисунок 1.1

Оцінюючи якість партій насіння олійних та ефіроолійних культур визначають такі показники:

- колір і запах насіння. За насиченістю кольору визначають стиглість насіння, що пов'язано із вмістом жиру. Нестигле насіння містить менше жиру;

- вологість насіння. Показник визначають лише після висушування у сушильних шафах без попереднього розмелювання.

- засміченість. Виконуючи аналіз на засміченість насіння олійних культур виділяють сміттєві та олійні домішки, в ефіроолійних – визначають сміттєву та ефіроолійну.

- лузжистість. Необхідна для визначення відсоткового вмісту плодових оболонок насіння, при високій лузжистості малий вихід олії з насіння.

- кислотне число олії. За ним визначають свіжість олії, необхідний порядок із вмістом жиру у партіях сировини, яка надходить на олійні заводи.

Цінними є продукти переробки насіння соняшника в олію, особливо макуха, яку використовують як концентрований корм, що вмістить білки (більше 35 %), вуглеводи (біля 20-22 %) та олію (близько 6 %) [13, 19, 22] .

При переробці насіння в олію, залежно від способу переробки, отримують інші побічні продукти: в результаті пресування – жмих; при екстрагуванні – шрот, які використовують як високобілкові корми, що містять багато протеїну, а саме: в 1 кг шроту є 1,02 кормових одиниць та 363 гр перетравного протеїну; в 1 кг жмиху є 1,09 кормових одиниць та 226 гр перетравного протеїну [13, 19, 22, 23, 24].

Соняшник загалом є цінною кормовою культурою, як корми у тваринництві використовують зелену масу соняшника, особливо високорослого, його також скошують у фазі цвітіння та силосують, такий силос рівноцінний силосу із зеленої маси кукурудзи.

Як корм для тварин використовують сухі кошики соняшника, їх подрібнюють у борошно, що містить більше 9 % протеїну та до 5 % олії, кормова цінність його – 0,8 кормових одиниць і 38-43 гр. перетравного протеїну в 1 кг такого борошна. Соняшник є важливим медоносом.

Цінною сировиною для виробництва гексозного і пентозного цукрів є лушпиння з насіння соняшника. Гексозний цукор потрібний для виготовлення етилового спирту і харчових дріжджів, а пентозний використовують для виготовлення фурфуролу, потрібного для виготовлення пластмас, штучного волокна, скла, яке не розбивається та для інших хімічних матеріалів. Сучасні сорти соняшника дають вихід лушпиння до 18-20 % від маси насіння [22, 24].

1.2. Аналіз способів та обладнання при переробці соняшника в олію

Загалом для отримання олії з насіння чи плодів олійних рослин, враховуючи і соняшник, використовують два основні способи: механічний – основою його є пресування підготовленої (подрібненої) сировини та хімічний або екстракційний, при якому олію добувають обробляючи органічними розчинниками спеціально підготовлену сировину.

Основна перевага екстракційного способу отримання олії – виділення олії у більшій кількості з такої самої за обсягом сировини, що і при

механічному та отримання повноцінного шроту з містом до 1 % олії. Недоліком способу є використання як розчинників гексану та бензину.

Насіння різних олійних культур переробляють в олію користуючись різними, залежно від розглянутих способів технологічними схемами. Загалом принципову технологічну схему для переробки в олію насіння будують поєднуючи такі операції: очищення від домішок, досушування у сушильнях, лущення (обрушення) насіння, розділення отриманої рушанки, подрібнення ядра; обробка ядра волого-теплова, отримання олії пресуванням чи екстрагуванням, очищення олії.

Основні критерії, якими керуються, вибираючи технологію отримання олії, – трудомісткість, економічність способу, ступінь виділення олії.

Загальну структурно-функціональну схему виробництва рослинної олії незалежно від виду олійної культури показано на рис. 1.2.

Основні етапи отримання олії з соняшника поєднують очищення насіння від домішок, його сушіння, отримання чистого ядра (обрушування), його подрібнення, отримання олії через пресування чи екстрагування та упакування олії в тару.

До початку переробки в олію зерно соняшника зважують на вагах, потім завантажують у силос (рис. 1.3) на короткочасне зберігання. Зібране на полі зерно може містити багато домішок, тому до переробкою його очищають двічі використовуючи дво- і триситові сепаратори (рис. 1.4) та магнітовловлювач. Домішки, отримані відділенням на сепараторах, збирають для використання у комбікормовому виробництві [10, 11, 18, 21, 26].

Насіння соняшника, яке очистили від домішок зважують на вагах і завантажують у розхідний бункер, з якого його транспортують у шахтну сушарку (рис. 1.5), яка має декількох зон, у яких насіння спершу сушать, а потім охолоджують. Температура сушіння насіння біля $+50^{\circ}\text{C}$, після охолодження до $+35^{\circ}\text{C}$. Пройшовши теплову обробку насіння зменшується у вазі та зменшується його вологість з 9...15 до 2...7%. Підсушене насіння знову зважують та направляють у силос на довготривале зберігання (за потреби) або подають до проміжного бункера для переробки в олію.

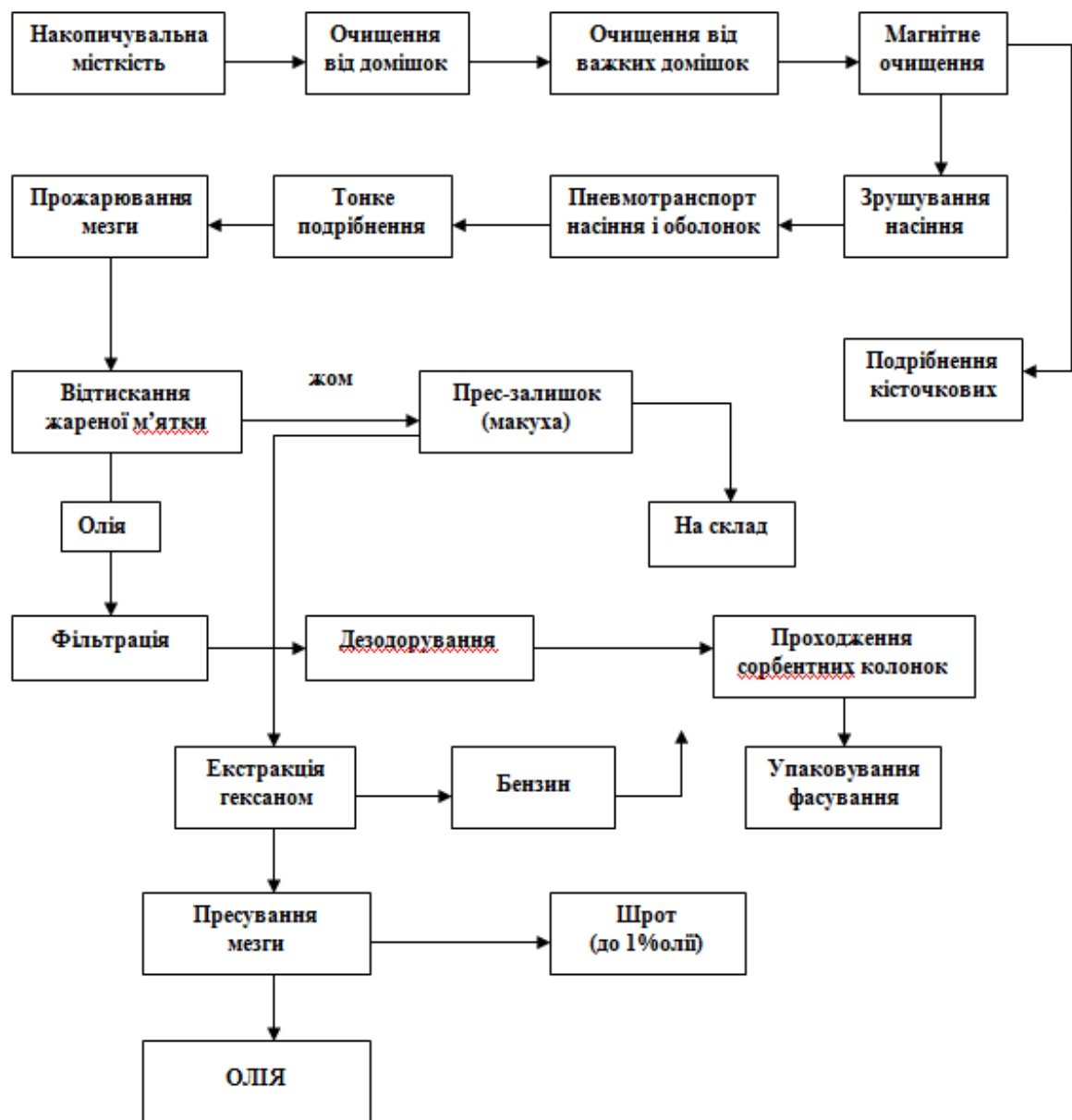


Рисунок 1.2

Якість переробки насіння соняшника в олію суттєво залежить від максимального відділення плодових оболонок від ядра. Здійснюють цей процес виконанням двох окремих операцій: луцення або обрушення насіння та відділення оболонок від ядра.

Один із способів обрушування насіння – використання дискового млина, на який зерно потрапляє з проміжного бункера. Щоб відділити зрушені плодові оболонки від ядра найчастіше використовують аспіраційні віялки – повітряно-ситові сортувалки. Очищене ядро подають у проміжний бункер, а решта частин суміші піддають додатковій обробці, щоб відділити рештки цілих ядер і частково подрібнених часточок насіння, щоб разом з цілим ядром подати на подальшу переробку [10, 11, 18, 21, 24].



а)



б)

а – силос на бетонній основі; б – силос з конусним днищем

Рисунок 1.3 – Силоси металічні вентилявані СМВК



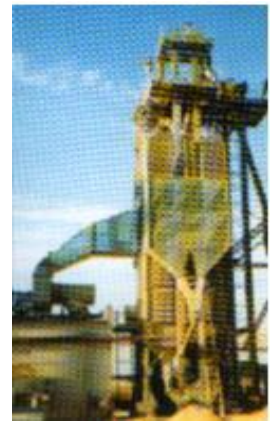
ДСП-100



ДСП-10

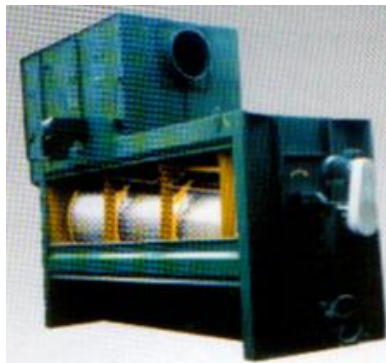


А1-ДСП-50



ДСП-25

Рисунок 1.4 – Зерносушилки шахтного типу



а)



б)

а – КБС 1270.400; б – С-100

Рисунок 1.5 – Сепаратори для очищення зерна

Перед подрібнення ядра соняшника зважують і подають для подрібнення на п'ятивалковий верстат. Процес роздрібнення ядер здійснюють за один або два рази – попередній та кінцевий. Під час розминання ядер між валками відбувається розламування кліткової структури ядер соняшника – утворення

м'ятки, а це необхідна умова якнайповніше та найшвидше відділити олію під час пресування чи екстрагування.

М'ятку, утворену верстатом подають у жаровню, для теплової обробки, щоб досягти оптимальної пластичності продукту і створити умови для кращого віджиму олії на пресах. Під час жарення вологість м'ятки зменшується до 5...7%, температура зростає до 105... 115°C, утворений продукт називають – мезга. Мезгу, для отримання з неї олії, піддають пресуванню, екстрагуванню або виконують обидва процеси, щоб отримати якнайповніше відділення олії.

Пресування виконують шнековим пресом, у який надходить мезга після жаровень, у результаті отримують олію та жмих. В олії є значний вміст частинок ядра, тому її подають на очищення у фільтр-прес; жмих містить 6...6,5 % олії, яку необхідно з нього виділити. Жмих виходить у вигляді гранул, які подрібнюють у молотковій дробарці, а потім знову подають на вальцовий верстат, з якого продукт подрібнення направляють на екстрагування в екстракційний апарат, що містить дві колони з'єднані між собою, у яких встановлені шнеки, що подають подрібнені частинки жмиху з правої колони у ліву. Протилежно до напрямку руху жмиху подають речовину, яка екстрагує олію – найчастіше бензин, що є летким розчинником. Щоб запобігти загорянню бензину за температури близько 250°C при змішуванні з повітрям, то на екстракційних заводах запобігають перегріванню технологічної пари дотримуючись температури до 220°C. При цьому відбувається процес дифузії при якому олію виділяють завдяки розчиненню у бензині розірваних клітин жмиху. Отримана суміш містить олію, бензин і деяку кількість частинок ядра, вона виходить з правої колони апарату екстрагування і надходить до відстійника або фільтра. У лівій колоні екстрактора накопичується знежирений побічний продукт переробки – шрот. У ньому містяться залишки бензину, який з нього видаляють і тоді шрот відвантажують для одержання комбікормів.

Після преса чи відстійника розчин олії у бензині, з якого забрані тверді частинки подають на дистиляцію. Переважно використовують два дистилятори – попередній, у якому розчин нагрівають до 105...115°C, завдяки чому з нього при атмосферному тиску частково виходять пари бензину; кінцевий дисти-

лятор створюючи розрідження, забезпечує видалення з розчину залишків бензину; очищена олія надходить на вагу. Після контрольного зважування олію упаковують в тару, тару з олією укладають в ящики [10, 11, 18, 21, 24].

Очищають насіння соняшника та інших олійних культур застосовуючи машини повітряно-решітного типу, оброблюване насіння проходить по каскадних решетах; транспортують очищене насіння використовуючи пневмотранспорт, дрібні домішки видаляють аспіраційною системою.

Лущать насіння олійних культур і відокремлюють оболонки від ядра враховуючи його фізико-механічні властивості, відповідно до цього використовують такі способи: розколювання оболонки ударом для соняшника, стиск оболонки для рицини, розрізання оболонок і частково ядер у бавовника, здирання оболонок тертям об шорсткі поверхні для конопель та інші [10, 11, 18, 21, 24]. Враховуючи способи відділення оболонок застосовують насіннерушильні машини, які обладнують різними робочими органами, дія яких відбувається за принципом багато- або одноразового удару насіння по металічних поверхнях, що властиво для бичових і відцентрових насіннерушок; за принципом різання стальними ріжучими робочими органами, якими обладнують дискові, ножові, та вальцеві лущилки; за принципом роздавлювання гладкими або рифленими робочими поверхнями.

Зрушують насіння найчастіше різними насіннерушками, що мають деки з рифленою поверхнею та ротор з бичами, на які встановлюють прогумовані лопаті. Такі машини придатні для зрушування насіння зернових та олійних культур; для кісточкових застосовують дезінтегратори обладнані роторами з пальцевими дисками та обичайки з пальцями [10, 11, 18, 21, 24, 26].

Сушіння насіння олійних культур до вологості необхідної для нормального протікання технологічного процесу виділення олії, виконують застосовуючи пневматичні, барабанні чи шахтні сушарки дотримуючись встановлених режимів. Термообробку обрушеного і роздавненого олійного насіння виконують двома способами: каскадний реалізують прожарюванням у жаровнях (рис. 1.6а) і промисловий – прожарювання у парових жаровнях (рис. 1.6б) [10, 11, 18, 21, 24, 26].

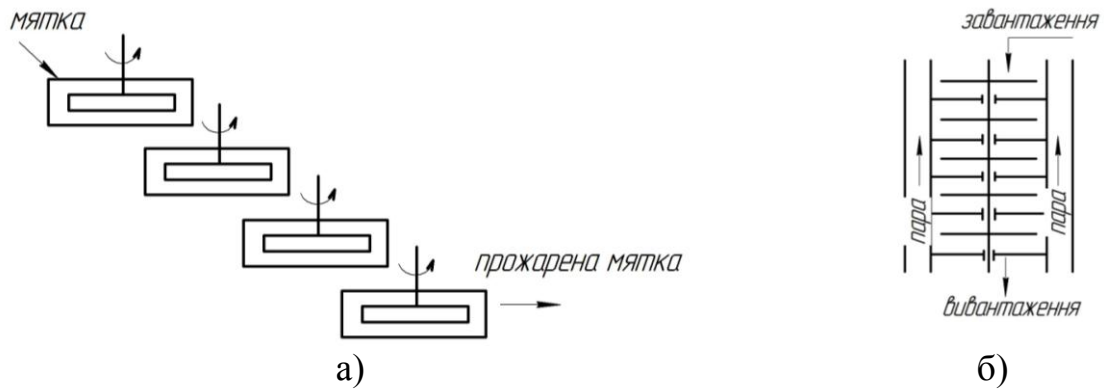


Рисунок 1.6

Після термообробки отриману з насіння соняшника мезгу піддають видавлюванню з неї олії. При механічному видавлюванні з мезги отримують олію та жмих, використовуючи преси гідравлічні періодичної дії або шнекові безперервної дії. У гідропресах підготовлену масу завантажують у перфорований циліндр, перекладаючи мезгу металічними дисками. У шнекових пресах робочими органи є шнек з перфорованим циліндром і запірний конус [10, 11, 18, 21, 24, 26].

Отримана із соняшника в результаті переробки олія, пройшовши пресування чи екстрагування, може містити тверді і колоїдні частинки такі як білкові та слизисті речовини, фосфатиди, тому її очищають – рафінують.

Рафінування олії виконують одним із таких способів: фізичним, піддаючи відстоюванню, центрифугуванню, фільтруванню; хімічним піддаючи гідратації, лужній рафінації, окисленню барвникових речовин і т.ін.; фізико-хімічним піддаючи відбілюванню, дезодоруванню, щоб забирати специфічний смак і запах, видаленню вільних кислот та ін.

Відстоюють олію у місткостях залишивши її у спокої на тривалий час, в результаті важкі частинки осідають на дні відстійника.

Очищують олію пропускаючи її через центрифуги відстійної та періодичної дії; сепаратори, які періодично або циклічно вивантажують осад; шнекові центрифуги неперервної дії, у яких передбачено постійне вивантаження очищеної олії і побічного продукту – фугату [10, 11, 18, 21, 24, 26].

Фільтруванням відділяють механічні домішки, густина яких близька до густини олії, виконують його у фільтрпресах використовуючи спеціальну тканину або фільтрувальний папір.

Отриману олію піддають оцінюванню за якісними показниками, а саме: зовнішній вигляд, фізичні властивості і хімічний склад (запах, колір, прозорість), кількість відстою (неолійні домішки), кислотне число (якщо підвищене, то низькою була якість сировини), йодне число (чим воно вище, тим краща сировина для виготовлення оліфи).

Якість олії найбільше залежить від якості вирощеного та зібраного насіння. Порушення у технології вирощування та прийомах післязбирального обробітку (первинне очищення і сушіння), недотримання режимів зберігання погіршую якість насіння, що призводить до зниження виходу та якості олії.

1.3. Обґрунтування вибору теми

Проаналізувавши використовувані схеми переробки насіння соняшника в олію та застосовуване для цього обладнання, у роботі потрібно розробити технологію переробки його насіння в олію, вибравши спосіб отримання олії, який здешевив би процес забезпечуючи потрібну якість кінцевого продукту.

Прийmemo для отримання соняшникової олії механічний спосіб, основою якого є пресування попередньо подрібненої відповідними машинами сировини, яка переміщається у технологічному процесі згідно схеми переробки багаторазовим (дворазовим) пресуванням.

Досягнути поставлене завдання можна підібравши обладнання, яке б забезпечувало приймання сировини, подавання на переробку, очищення та обрушування насіння, проходження сировини між технологічним обладнанням, подрібнення, нагрівання та пресування сировини, щоб отримати олію та її очищення згідно встановлених вимог.

Покращити технологію виготовлення олії можна виконавши удосконалення насіннерушильної машини за рахунок зміни конструкції її приводу. Ідею удосконалення потрібно реалізувати виконавши відповідні розрахунки і дослідження у вигляді обґрунтувань її параметрів. Розробити ілюстративний матеріал з метою висвітлення прийнятих у роботі рішень.

2. ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ В ОЛІЮ НАСІННЯ СОНЯШНИКА ТА ПАРАМЕТРІВ НАСІННЄРУШИЛЬНОЇ МАШИНИ

2.1. Аналізування з обґрунтуванням технології переробки в олію насіння соняшника з підбиранням обладнання для цеху

Технології отримання рослинних олій, зокрема із соняшника, як основної олійної культури в Україні, містять різнохарактерні дії та впливи на перероблювану в олію сировину, найбільша частка яких припадає на механічні процеси із застосування різноманітного обладнання. До прикладу, можна відзначити, що процеси очищення насіння від смітних домішок, відділення плодових і/чи насінневих оболонок від ядра, його подальше подрібнення, а також подрібнення проміжних продуктів переробки ядра, транспортування сировини та перероблюваного продукту у технологічних лініях є переважно механічними процесами, результат яких переходить у підготівельний матеріал, що зазнає згодом інтенсивних фізико-хімічних впливів та перетворень для отримання кінцевого продукту – олії та побічної (олійний шлам, макуха, жмих, шрот, лузга і т.ін.).

Отримують соняшникову олію використовуючи одну із двох схем технології переробки його насіння, а саме: однократне або двократне пресування.

Технологія одноразового пресування поєднує такі операції: очищення насіння від домішок, підсушування його у сушильнях, лущення насіння, поділ отриманої рушанки, подрібнення ядра з волого-тепловим обробітком, відтиснення олії пресуванням, очищення отриманої олії.

Технологія дворазового пресування містить операції одноразового пресування, такі як очищення насіння від домішок з підсушуванням його у сушильних агрегатах, у подальшому лущення насіння, розділення отриманої рушанки (ядра та оболонок), подрібнення ядра та його волого-теплову обробку, відтиснення олії пресуванням. У подальшому олію ще додатково обробляють, а для цього її забирають шнеком і подають у механічну гущеловушку, з якої вона надходить на первинне очищення згідно зі схемою одноразового пресування, а

замаслений шлам із гущеловушки подають у збиральний шнек, який транспортує його для перекачування у жаровні, де він проходить вторинний обробіток [11, 18, 21, 26].

Вибираючи технологію отримання олії враховують кілька критеріїв, основними з яких трудомісткість процесу, ступінь відділення олії з насіння, економічність.

Аналізуючи існуючі схеми переробки насіння соняшника в олію, прийmemo механічний спосіб, основою якого є пресування подрібненого ядра згідно схеми переробки насіння із застосуванням дворазового пресування.

Є також хімічний спосіб отримання олії, який реалізується через обробку подрібненого ядра соняшника органічними розчинниками, тому вибір на користь механічного способу отримання олії зроблений правильно, оскільки запобігає вмісту в отриманому продукті токсикантів.

Аналізуючи переваги одно- та дворазового пресування, потрібно врахувати можливості спрощення процесу, його ефективність та економічність.

Вибираючи тему кваліфікаційної роботи враховували можливості використання виробничих відходів у тваринництві, зокрема олійного шламу у вигляді харчових добавок, а лузгу для підстилки тваринам.

Визначившись із технологією, розробляємо технологічну схему переробки насіння соняшника (рис. 2.1). Для реалізації запропонованої технологічної схеми отримання олії потрібно розробити цех, укомплектувавши його відповідним обладнанням, а саме: приймальним бункером, вагами для зважування насіння, гвинтовим конвеєром, приймальником-живильником, шнеком для подавання насіння, насіннерушильною машиною; пневмотранспортером для подавання лузги, бункером лузги, вальцовим верстатом, фалевочним верстатом, блоком жаровень, форпресом, експелерним агрегатом, рамними тканинними фільтрпресами, агрегатом для виморожування воску, гідратором, дезодораційною установкою, пакувальним обладнанням [21, 26].

Кожне обладнання, застосовуване у цеху для переробки в олію насіння соняшника, вибираємо враховуючи його основні технічні параметри, які наводимо у Додатку А, таблиця А1.

Технологічна лінія з переробки в олію насіння соняшника (див. рис.2.1) містить: бункер 1 – ємність об'ємом 3 м³, щоб збирати жмих і завантажувати в автотранспорт; трубопроводи 2, що мають площу перетину не менше 100 см², і призначені, щоб транспортувати лузгу у бункер 4; конвеєр 5, щоб подавати жмих з приямка 19 у бункер 1.

Технологічна лінія має також бункер 4 ємністю 2 м³, щоб збирати лузгу і використовувати її у подальшому для спалювання у топках жаровні; рушальну машину 5, щоб облущувати насіння соняшника, відокремлювати ядро від лузги і передавати отриману рушанку у бункер 9. У лінії входить сепаратор 6 насіння соняшника, який містить похилий грохот, що має два сита і приймальний бункер на окремій рамі, використовуваний, щоб очищати насіння від дрібних і крупних домішок.

У комплекті обладнання технологічної лінії є також норія 7, продуктивність якої не перевищує 1 т/год. Норію використовують, щоб подавати насіння соняшника з підвезеного транспорту на висоту +6090 м і подати до приймального бункера сепаратора.

У лінію вмонтований бункер 8 об'єм якого 1 м³, що має нахил стрічок днища біля 60° і призначений, щоб збирати рушанку.

Технологічна лінія містить напівзаглиблену ємність 9, що має приямок 11 і заслінку 10, щоб приймати насіння для переробки; чотиривальцевий верстат 13, щоб подрібнювати рушанку і готувати м'ятку; конвеєр 14, щоб подавати м'ятку з приямка 12 у верхню місткість жаровні; систему трубопроводів 15, щоб подавати лузгу з бункера 4 у топки жаровні.

Жаровня 16 містить чотири чавунні ємності з механізмом переміщення, які встановлені вертикально-ступінчасто маючи за основу загальний каркас; жаровню використовують, щоб готувати мезгу із м'ятки. Під жаровнею встановлено цегляну піч, що має чотири окремі топки із загальним боровом і димову трубу 24 з колектором. У технологічну лінію вмонтовано також прес 17 олієвідділяючий – це горизонтальний шнековий прес, у якому регулюють ступінь стиску перероблюваної сировини, його використовують, щоб розділяти мезгу на олію і жмих.

Лінія містить систему олієпроводів 20, виготовлених зі сталейних труб і призначених для подавання олії, що вийшла з преса через фільтр 22 у накопичувальні ємності 21. Обов'язковими є фільтр олії виготовлені з пакету металевих касет, у які встановлені прокладки з фільтрувальної тканини. Фільтри необхідні, щоб очищати олію від домішок. У лінії є також шестеренчастий насос 23 та гідравлічна арматура, змонтовані на металевій рамі.

Виробничий процес технологічної лінії виготовлення олії відбувається у такій послідовності: насіння соняшника у великих обсягах приймають лише очищене, без крупних домішок, скидають його з автосамосвала до приймального сталюого бункера. Приймають також сировину від населення, вона має бути у мішках, здають її у відділення приймання та переробки, у якому є ваги для зважування.

З приймального бункера сировину подають гвинтовим конвеєром, таким чином періодично наповнюють прийомник-живильник. З нього насіння шнеком спрямовують до насіннерушильної машини, у якій виконують його зрушування та відділяють ядра від лузги.

Під час роботи насіннерушильної машини відбувається інтенсивне виділення пилу, який забирають через пневмотранспорт лузги і разом із відділеною лузгою направляють до зовнішнього бункера лузги, з цього пристрою частину лузги через два самотічні трубопроводи подають до топок жаровень. Решту лузги нагромаджується у бункері, звідки її завантажують на самосвальний транспорт і відвозять на тваринницьку ферму для підстилки.

Насіння, яке подають для переробку, завантажують у пряминок приймального бункера. Звідки насіння направляють у норію регулюючи подачу заслінкою. Продуктивність норії встановлюють до 0,75 т/год, що співвідноситься з продуктивністю сепаратора насіння. Насіння пройшовши через заслінку надходить до приймальної частини норії, яка піднімає його до позначки +6090 м (див. рис. 2.1), тоді воно надходить до приймального бункера сепаратора. Норія має вихідне вікно, яке з'єднують з бункером сепаратора жолобковою канавкою. Сепаратор очищає насінний ворох відокремлюючи від насіння дрібні домішки, пил і бруд.

Після очищення насіння надходить самопливом до приймального бункера насіннерушки, яка має дві луцильні камери з ножами, що обертаються, і здійснюють луцення насіння. Лузгу і рушанку з цих камер подають на коливне решето, з якого дрібні частинки просіюються на скліз, а лущене насіння і лузга сходять по решету і надходять до розтруба відсмоктувального вентилятора. Лузгу відокремлюють повітряним потоком і подають вентилятором у бункер; рушанка надходить у бункер, який має заслінку для регулювання подачі рушанки на вальці, тобто ядро соняшника, очищене від лузги, спершу подають на вальцевий, а згодом на фалевочний верстати, у яких ядра деформують у м'ятку – сировину для завантаження жаровні (див. рис. 2.1).

Надходження м'ятки до верхньої частини жаровні забезпечується скребковим конвеєром, при візуальному контролі її заповнення. Пускову кнопку конвеєра вмикають на верхньому майданчику жаровні, яка працює так: спершу послідовно заповнюють м'яткою на половини її чотири ємності, потім вмикають перемішувальний механізм і розпалюють чотири топки, заливаючи у верхню ємність літр-півтора води. Температура у жаровнях має бути в межах від 80⁰С до 105⁰С, тоді відкривають заслінки, які є між жаровнями і прогрівають, потім виконують попереднє та кінцеве просмажування м'ятки.

Як паливо для топок жаровні використовують лузгу, яка надходить з бункера у топки. М'ятка, яка пройшла просмажування у жаровнях переходить у мезгу і надходить в олієвідділяючий прес. Щоб прес запрацював, його розігрівають гарячою мезгою, тоді відкривають дроселі збільшуючи тим самим товщину утворюваної черепашки жмиху. Коли температура у камері стиску преса досягає 70-80⁰С, тоді дроселі частково закривають, при цьому зменшується товщина черепашки жмиху і збільшується віддача олії. Заборонено надмірне затискання дроселів, оскільки через це пошкоджується прес і знижується якість отримуваної олії.

Пропонована технологічна лінія (див. рис. 2.1) забезпечує отримання олії у дві стадії – первинний віджим і повторний. Первинний відбувається одразу після того, як м'ятку піджарили у блоці жаровень, і вона надходить у

відділення первинного відтиску олії, з якого її спрямовують на фільтрацію і на подальше фасування, рештки м'ятки знову подають у жаровні, прожарюють і вторинно пресують експелерпресом (наведено в ілюстративній частині). Отриману у результаті повторного пресування олію подають для очищення у фільтрпреси, звідти на виморожування, у подальшому на гідратацію і дезодорування. Щоб запобігти загорянню вмісту жаровень під час піджарювання м'ятки додають невелику кількість води з бачка. Над жаровнями монтують витяжні пристрої, через які продукти згоряння з топок викидають димовою трубою у повітря.

Нормальну роботу олієвідділяючого пресу забезпечують постійною подачею мезги, при цьому потрібно запобігати перепалюванню мезги у жаровнях. Жмих із преса має виходити рівномірно у ньому не має бути олії і не повинно відчуватися присмаження. Отримана олія має бути світлого кольору. З ємності збору олії її олієпроводом перекачують у фільтр олії, у якому відбувається фільтрація під тиском 2-5 атм. Очищену олію подають у накопичувальні ємності.

Припинення роботи технологічної лінії переробки насіння соняшника в олію виконують у такому порядку: закривають заслінку, випрацьовують вміст решти насіння з норії і відключають її. Випрацьовують решту насіння, яке є у бункері сепаратора і відключають його. Завершують обробку решти насіння у насіннерушильній машині, очищають і відключають її. Переробивши всю рушанку у м'ятку подають її з напрямку до верхньої порожнини жаровні. Пропаривши і просмаживши рештки м'ятки послідовно гасять всі топки жаровні почавши з верхньої, рештки мезги з чотирьох жаровень подають на прес і відмикають механізм перемішування у жаровнях.

В олієвідділяючому пресі переробляють рештки мезги, очищають його, пропустивши через камеру стиску лузгу. Виконують цю операцію доти доки не припиниться вихід дросельними щілинами рештків жмиху з лузгою, після чого вимикають прес. Отриманий жмих завантажують у бункер, олію пропускають через фільтр у накопичувальні ємності, на завершення роботи очищають приміщення та обладнання від бруду та пилу.

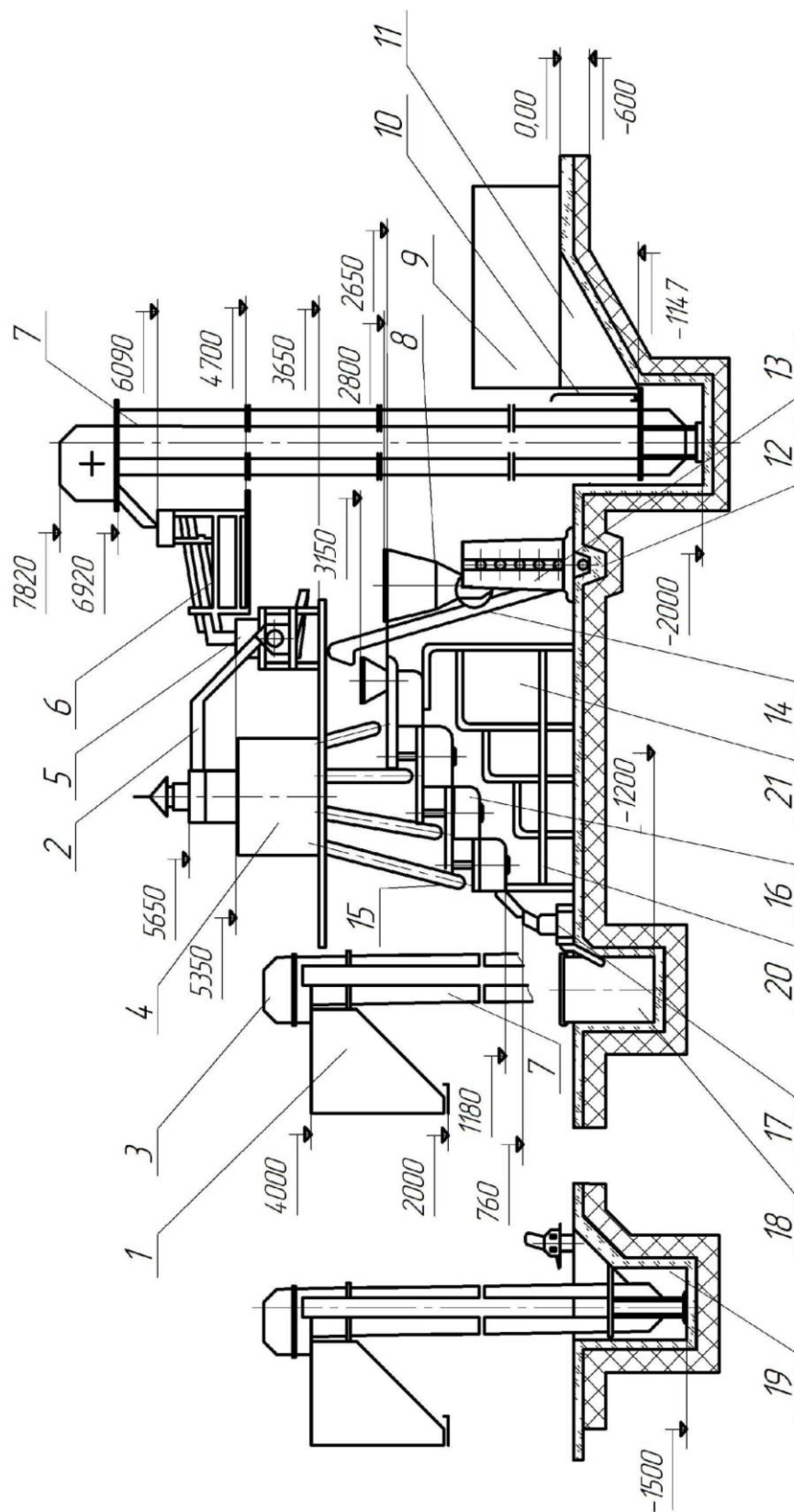


Рисунок 2.1

При віджимі олії отримують жмих у вигляді черепашки, він містить цінні речовини, його використовують як добавку до корму тваринам, тому його транспортними засобами відправляють на тваринницькі ферми.

2.2. Обґрунтування параметрів насіннерушальної машини

2.2.1. Обґрунтування змін у конструктивно-технологічній схемі насіннерушальної машини

Для покращення роботи технологічної лінії з переробки насіння соняшника в олію виберемо обладнання для удосконалення – насіннерушальну машину, щоб розширити найвужче місце виробництва – обрушування насіння.

Насіннерушалка (ілюстративна частина роботи) виконує обрушування насіння соняшника і відділяє лузгу від цілих ядра і подрібнених частинок ядер. Базова модель машини має два двигуни, один з яких приводить в рух сита, інший – решту механізмів, покращити її конструкцію можна у такий спосіб – замінити два двигуни на один модернізований, який приводитиме в рух усі потрібні механізми.

Результатом удосконалення буде зменшення кількості валів, а отже зменшення металоємності машини в цілому. У базовій моделі машини були два вали, які передавали крутні моменти і приводили в рух ситовий кузов, просіюючий пристрій, ексцентриковий вал та прийомний пристрій. Оскільки пропонується встановити один двигун, то відповідно буде достатньо і одного вала. Кінематичну схему насіннерушальної машини з розробленим удосконаленням показано на рис. 2.2.

Завдяки удосконаленню, а саме: зміні конструкції приводу виконавчих механізмів насіннерушальної машини, тобто усі вони працюватимуть від одного двигуна, зменшиться кількість використовуваних шківів і пасів пасових передач та підшипників для встановлення валів, тому спрощується конструкція машини і зменшується металоємність.

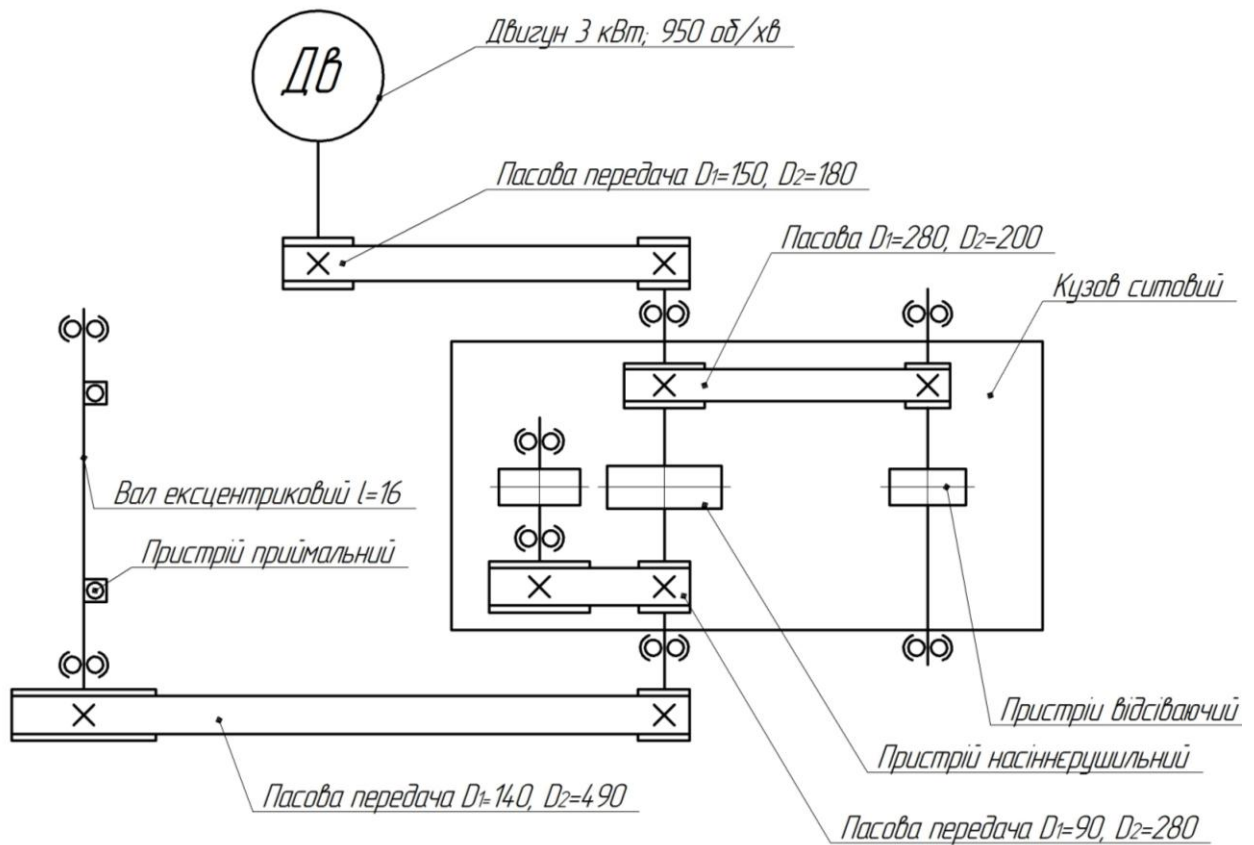


Рисунок 2.2

Приводні вали кожного із зазначених механізмів насіннерушки приводяться в рух від двигуна через клинопасові передачі у такій послідовності: від вала двигуна оберти надходять до вала бичового барабана, від вала цього барабана оберти розподіляються і передаються на вал вентилятора, ексцентриковий вал та живильний вал.

Орієнтовні середні значення частот обертання, об/хв, валів насіннерушки: бичового барабана 800; вентилятора 1100 об/хв; ексцентрикового 230; живильного пристрою 260. Щоб забезпечити якісне виконання процесу очищення насіння прийемо кузов ситовий обладнаний трьома ситами з діаметрами отворів: перший - 3,5мм; другий - 4,5мм; третій - 6,0мм та з амплітудою коливань - 28 мм й ексцентриситетом $e=14$ мм.

Для розробленої кінематичної схеми насіннерушальної машини (див. рис. 2.2) потрібно визначитися з її конструктивними змінами та основними характеристиками.

Основне призначення насіннерушальної машини - забезпечити якісне обрушення насіння соняшника, тобто має відбутися руйнування плодкових

оболонок (лушпин) для того, щоб відділити від них ядра для пробки в олію. Функцію відділення виконує роторний робочий орган, якісна робота якого відбувається за умови руйнування плодових оболонок так, щоб ядра залишалися цілими, а для цього ротор обладнують жорсткими бичами (балами), які працюють за принципом удару виконуваного по шару насіння соняшника, яке надходить з прийомного бункера. При такому виді подрібнення обов'язковою є наявність протиударної опорної поверхні – це ребриста дека. Обов'язковим є встановлення та регулювання залежно від товщини шару насіння відстані між декою та ротором. Ця відстань регульована, щоб забезпечити оптимальну ступінь руйнування насіннєвих оболонок.

Якщо відбувається переподрібнення матеріалу, то необхідно збільшити зазор між декою і ротором. При обрушенні насіння соняшника важливою є вологість насіння, тобто за умови підвищеної вологості обрушувального шару насіння відбудеться не відділення оболонок, а зминання насіння часто разом з оболонками, тому під час роботи на насіннерушці необхідно дотримуватися режимів експлуатації рекомендованих інструкцією до роботи машини, а також дотримуватися вимог до сировини, тобто підсушувати насіння при потребі.

2.2.2. Основні параметри насіннерушальної машини та їх значення для продуктивної роботи цеху

Основним параметром більшості машин та обладнання, зокрема й удосконалюваної насіннерушальної машини є продуктивність, визначимо її на третьому ситі [1, 21]

$$Q_{H.M} = m \cdot e \cdot n \cdot \gamma \cdot 60, \quad (2.1)$$

де m – ширина сита робоча, $m = 1,2$ м;

e – ексцентриситет, $e = 0,016$ м;

γ – густина сировини на ситі, $\gamma = 2$ кг/м²;

n – частота обертання ексцентрикового вала, $n = 230$ об/хв.

$$Q_{H.M} = 1,2 \cdot 0,016 \cdot 2 \cdot 230 \cdot 60 = 529,9 \text{ кг/год.}$$

Прийmemo двi насiннерушильних машини.

Визначимо потрiбну потужнiсть електродвигуна для приводу машин та частоту з якою буде обертатися бичовий барабан. Стiнки насiннерушки мають ребристу поверхню для кращого видокремлення оболонок вiд ядра. На виходi з машин отримаємо такі показники продукцiї: густина сировини $\gamma_C = 500 \dots 750 \text{ кг/м}^3$, у якiй лузга займає до 17%, ядро до 83% вiд всього об'єму.

Визначимо густину сумiшi отримуваної з насiннерушки

$$\gamma_{\text{СУМ}} = \gamma_{\text{Я}} \cdot \kappa_{\text{Я}} + \gamma_{\text{Л}} \cdot \kappa_{\text{Л}}, \quad (2.2)$$

де $\gamma_{\text{Я}}$ i $\gamma_{\text{Л}}$ – вiдповiдно густина ядра i лузги, $\gamma_{\text{Я}} = 750 \text{ кг/м}^3$, $\gamma_{\text{Л}} = 500 \text{ кг/м}^3$;

$\kappa_{\text{Я}}$ i $\kappa_{\text{Л}}$ – вiдсотковий вміст у сумiшi ядра i лузги.

$$\gamma_{\text{СУМ}} = 750 \cdot 0,83 + 500 \cdot 0,17 = 737,5 \text{ кг/м}^3.$$

Частота обертання бичового барабана насiннерушки [1, 21]

$$n = c \cdot \frac{\Delta \gamma^{0,5} \cdot d_{2CP}^{0,5} \cdot D_{BH}^x}{\gamma_{\text{СУМ}}^{0,5} \cdot D_B^y}, \quad (2.3)$$

де c – коефiцiєнт, значення кого $c = 46,4$;

x i y – показники степеня, $x = 0$, $y = 1$;

$\Delta \gamma$ – рiзниця у густинах сумiшi частин ядер i лузги,

$$\Delta \gamma = \gamma_{\text{Я}} - \gamma_{\text{Л}} = 750 - 500 = 250 \text{ кг/м}^3;$$

тут d_{2CP} – характерний розмiр (дiаметр) отриманих твердих частинок,

$$d_{2CP} = 0,005 \text{ м};$$

D_{BH} – внутрiшнiй дiаметр барабана, $D_{BH} = 0,055 \text{ м}$;

D_B – дiаметр барабана $D_B = 0,45 \text{ м}$.

Результат розрахунку формули (2.3)

$$n = 46,4 \cdot \frac{250^{0,5} \cdot 0,005^{0,5} \cdot 0,055^0}{737,5^{0,5} \cdot 0,45^1} \approx 13,4 \text{ об/хв.}$$

Потужність ротора бичового барабана рушійної машини [1, 21]

$$N_P = K_N \cdot D_B^5 \cdot n^3 \cdot \gamma_{\text{сум}} , \quad (2.4)$$

де K_N – коефіцієнт потужності, $K_N = 0,28$;

$$N_P = 0,28 \cdot 0,45^5 \cdot 13,3^3 \cdot 737,5 = 0,88 \text{ кВт.}$$

Необхідна потужність двигуна приводу насіннерушки [1, 10, 18]

$$N_{\text{ДВ}} = \frac{N_P \cdot f_{\Pi} \cdot f_{\text{ш}} \cdot f_{\text{д}}}{1000 \cdot \eta} , \quad (2.5)$$

де f_{Π} – коефіцієнт врахування пускового моменту, $f_{\Pi} = 1,3$;

$f_{\text{ш}}$ – коефіцієнт, що враховує шороховатість стінок, $f_{\text{ш}} = 1,2$;

$f_{\text{д}}$ – коефіцієнт, що враховує ребристість стінок (деки) $f_{\text{д}} = 1,6$;

η – коефіцієнт корисної дії, $\eta = 0,85$.

Потужність буде

$$N_{\text{ДВ}} = \frac{0,88 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1,6}{1000 \cdot 0,85} = 2,58 \text{ кВт.}$$

Вибираємо електродвигун. Спершу визначимо загальний ккд привода електродвигуна [3, 12]

$$\eta_{\text{ЗГ}} = \eta_1 \cdot \eta_2^2 , \quad (2.6)$$

де η_1 – ккд клинопасової передачі, $\eta_1 = 0,95$ [14];

η_2 – коефіцієнт врахування втрат у підшипниках кочення, $\eta_2 = 0,99$.

$$\eta_{\text{ЗГ}} = 0,95 \cdot 0,99^2 = 0,93 .$$

Кінцеве значення необхідної потужності електродвигуна [12]

$$P_{\text{ДВ}} = N_{\text{ДВ}} / \eta_{\text{ЗГ}} , \quad (2.7)$$

$$P_{\text{ДВ}} = 2,58 / 0,93 = 2,8 \text{ кВт.}$$

Кутова швидкість вала бичового барабана

$$w_B = \pi \cdot n_B / 30 , \quad (2.8)$$

де n_B – частота обертів вала бичового барабана, $n_B = 800$ об/хв;

$$\omega_B = 3,14 \cdot 800 / 30 = 83,7 \text{ рад/с.}$$

Згідно ГОСТ19523-81 враховуючи потрібну потужність $P_{ДВ} = 2,8$ кВт приймемо трьохфазний асинхронний електродвигун серії 4А закритий, потужність якого 3кВт, синхронна частота обертання 970 об/хв – марка 4А112МА6УЗ [14]. Визначимо кутова швидкість вала вибраного електродвигуна

$$\omega_{ДВ} = \pi \cdot n_{ДВ} / 30 = 3,14 \cdot 970 / 30 = 101,53 \text{ рад/с.}$$

Знайдемо яким буде передаточне відношення першої клинопасової передачі, яку потрібно встановити на вал електродвигуна для приводу вала бичового барабана насіннерушальної машин

$$u_{П1} = \omega_{ДВ} / \omega_B ; \quad (2.9)$$

$$u_{П1} = 101,53 / 83,7 = 1,2 .$$

Обертовий момент створюваний на валі бичового барабана

$$T_B = \frac{P \cdot 10^3}{\omega_B} . \quad (2.9)$$

$$T_B = \frac{3 \cdot 10^3}{83,7} = 35,84 \text{ Нм.}$$

Для розрахунку параметрів удосконаленого привода насіннерушальної машини потрібно визначити передаточне відношення клинопасової передачі, яку встановлено від вала бичового барабана для приводу відсіваючого пристрою

$$u_{П2} = \omega_B / \omega_C . \quad (2.10)$$

де ω_C – кутова швидкість обертання вала ситового пристрою, рад/с;

$$\omega_C = \pi \cdot n_C / 30 = 3,14 \cdot 1100 / 30 = 115,13 \text{ рад/с.}$$

Тоді передаточне число другої клинопасової передачі

$$u_{II2} = 83,7 / 115,13 = 0,73.$$

Визначимо крутний момент на валу ситового пристрою

$$T_C = T_B \cdot u_{II2};$$

$$T_C = 35,84 \cdot 0,73 = 26 \text{ Нм.}$$

Таким самим чином визначимо, якими будуть передаточні числа для третьої і четвертої клинопасових передач, які встановлені від вала бичового барабана для приводу прийомного пристрою, та для приводу ексцентрикового вала машини. Знайдемо значення кутових швидкостей обертання:

- вала прийомного пристрою

$$\omega_{II} = 3,14 \cdot 260 / 30 = 27,2 \text{ рад/с;}$$

- вала ексцентрикового

$$\omega_E = 3,14 \cdot 230 / 30 = 24,1 \text{ рад/с.}$$

Визначимо значення передаточних відношень клинопасових передач, які встановлені відповідно:

- до прийомного пристрою

$$u_{II3} = \omega_B / \omega_{II} = 83,7 / 27,2 = 3,1;$$

- до ексцентрикового вала

$$u_{II4} = \omega_B / \omega_E = 83,7 / 24,1 = 3,48.$$

Для розрахунку пасових передач передачі потрібними будуть значення крутних моментів на валах відповідно:

- прийомного пристрою

$$T_{II} = T_B \cdot u_{II3} = 35,84 \cdot 3,1 = 111,1 \text{ Нм;}$$

- ексцентрикового

$$T_E = T_B \cdot u_{II4} = 35,84 \cdot 3,48 = 124,7 \text{ Нм.}$$

Клинопасові передачі розрахуємо користуючись відомими методиками [3, 12]. Розрахунок вміщений у Додатку Б, таблиця Б1.

2.2.3. Розрахунок на міцність вала бичового барабана насіннєрушки

Враховуючи зміну приводу насіннєрушильної машини, необхідно розрахувати вала бичового барабана виходячи з умови міцності на кручення при понижених допустимих напруженнях [6, 7]

$$d_B = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_{KP}}{n \cdot [\tau]_K}}, \quad (2.11)$$

де M_{KP} – величина крутного моменту, який діятиме у розрахунковому перерізі вала, його значення приймаємо таким, як і передаваний крутний момент, $M_{KP} = T_B = 35,84$ Нм;

$[\tau]_K$ – допустимі напруження при крученні для прийнятого матеріала вала – для сталі 45 понижене значення $[\tau]_K = 20$ Н/мм²;

тоді

$$d_B = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 35,84 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 20}} = 22 \text{ мм.}$$

Вал бичового барабана зазнає також впливу деформації згину спричиненої натягом пасів клинопасових передач та встановленням бичового барабана; окрім цього він через пасові передачі приводить у рух ситовий пристрій, прийомний пристрій та ексцентриковий вал.

Враховуючи необхідність монтажу на вихідний кінець вала веденого шківа клинопасової передачі, яка приводить його в рух, прийmemo діаметр – 40мм, відповідно діаметри вала для встановлення підшипників прийmemo – 45мм; щодо решти ділянок вала, то їх діаметри прийmemo з конструктивних міркувань компоновки вузла – вала у зборі. Окрім діаметрів ділянок вала потрібно визначити довжини кожної ділянки, тому враховуючи конструкцію насаджуваних на вал деталей прийmemo такі відстані між центрами шківів пасових передач і ділянками встановлення підшипників, попередньо вибравши кулькові радіальні однорядні підшипники легкої серії 209 з параметрами $d = 45$ мм, $D = 85$ мм, $B = 19$ мм, $C=33,2$ кН; тоді відстані будуть: $l_1 = l_2 = l_5 = 80$ мм, $l_3=160$ мм, $l_4 = 140$ мм. Розрахункову схему вала бичового

барабана покажемо на рис. 2.6а, позначивши навантаження, які діятимуть на вал спричинені клинопасовими передачами: $F_{B1} = 880 \text{ Н}$, $F_{B2} = 618 \text{ Н}$, $F_{B3} = 1567 \text{ Н}$, $F_{B4} = 762 \text{ Н}$. Зусилля від пасових передач діють під різними кутами (рис. 2.3а), тому для розрахунку вала розглядатимемо навантаження на вал у вертикальній (рис. 2.3б) і горизонтальній (рис. 2.3г) площинах, для яких визначимо опорні реакції, що діятимуть у підшипникових вузлах та побудуємо епюри згинальних моментів відповідно у вертикальній (рис. 2.3в) та горизонтальній (рис. 2.3д) площинах. Розрахунок вала та перевірка вибраних підшипників на довговічність виконані згідно прийнятих методик [3, 6, 7, 12] і наведені у додатку В.

Перевіримо шпонкове з'єднання у місці посадки шківів пасових передач. Вибираємо розміри шпонки і паза згідно ГОСТ 23360-78, враховуючи що її матеріал – сталь 45 нормалізована. Розрахуємо з умови міцності на зминання [14]

$$\sigma_{3M}^{max} = \frac{2 \cdot T}{d_B \cdot (h - t_1)(l - b)} \leq [\sigma_{3M}], \quad (2.12)$$

де $[\sigma_{3M}]$ – допустиме напруження зминання, за умови сталюї маточини,

$$[\sigma_{3M}] = 100\text{--}120 \text{ МПа};$$

При діаметрі вала $d_B = 40 \text{ мм}$: розміри шпонки $b = 12 \text{ мм}$; $h = 8 \text{ мм}$; $t_1 = 5 \text{ мм}$; $l = 40 \text{ мм}$;

$$\sigma_{3M}^{max} = \frac{2 \cdot 35,84 \cdot 10^3}{40 \cdot (8 - 5)(40 - 12)} = 21 \text{ МПа}.$$

Умова міцності виконується.

Щоб впевнитися у правильності вибраних розмірів вала бичового барабана виконуємо його уточнений розрахунок для найбільш ослаблених перетинів, враховуючи епюри згинальних моментів. Прийнемо згідно [12, 14, 15], що зміна нормальних напружень згину відбувається за симетричним циклом, а дотичних від кручення – за віднульовим.

Визначимо коефіцієнти запасу міцності S у небезпечних перерізах вала та порівняємо їх з рекомендованими значеннями $[S]$. Міцність забезпечується при $S \geq [S]$. Матеріал вала – сталь 45, нормалізована, границя міцності $\sigma_B = 570 \text{ МПа}$ [6, 7]. Визначимо границі вимогливості:

$$\sigma_{-1} = 0,43 \sigma_B = 0,43 \cdot 570 = 246 \text{ МПа} ;$$

$$\tau_{-1} = 0,58 \sigma_{-1} = 0,58 \cdot 246 = 142 \text{ МПа} .$$

Небезпечним буде переріз, де встановлено шків, що приводить в рух приймальний пристрій, визначаємо його з епюр згинальних моментів вала

$$M_1 = \sqrt{M_Y^2 + M_Z^2} = \sqrt{(181 \cdot 10^3)^2 + (18 \cdot 10^3)^2} = 182 \cdot 10^3 \text{ Нмм}.$$

Момент опору перерізу [12, 14]

$$W = \frac{\pi \cdot d_{k2}^3}{32} - \frac{b \cdot t_1 (d_{k2} - t_1)^2}{2 \cdot d_{k2}} ; \quad (2.13)$$

$$W = \frac{3,14 \cdot 50^3}{32} - \frac{16 \cdot 6(50 - 6)^2}{2 \cdot 50} = 10,4 \cdot 10^3 \text{ мм}^3 .$$

Визначимо амплітуду нормальних напружень [12, 14]

$$\sigma_V = \sigma_{\max} = M_1 / W = 182 \cdot 10^3 / 10,4 \cdot 10^3 = 17,5 \text{ МПа}.$$

Коефіцієнт запасу міцності за нормальними напруженнями

$$S_\sigma = \frac{\tau_{-1}}{\frac{k_\sigma}{\varepsilon_\sigma} \cdot \tau_V + \phi_\sigma \cdot \tau_m} , \quad (2.14)$$

де $k_\sigma = 1,75$ [14], $\varepsilon_\sigma = 0,79$ [14], $\phi_\sigma = 0$ – середнє напруження.

$$S_\sigma = \frac{246}{\frac{1,75}{0,79} \cdot 17,5} = 6,4 .$$

Визначимо полярний момент опору перерізу [6, 7]

$$W_p = \frac{\pi \cdot d_{k2}^3}{16} - \frac{b \cdot t_1 (d_{k2} - t_1)^2}{2 \cdot d_{k2}}; \quad (2.15)$$

$$W_p = \frac{3,14 \cdot 50^3}{16} - \frac{16 \cdot 6(50 - 6)^2}{2 \cdot 50} = 22,7 \cdot 10^3 \text{ мм}^3.$$

Амплітуда і середнє значення циклу дотичних напружень:

$$\tau_V = \tau_m = \tau_{\max} / 2 = T_B / 2 \cdot W_p = 35,84 \cdot 10^3 / (2 \cdot 22,7 \cdot 10^3) = 0,8 \text{ МПа}.$$

Коефіцієнт запасу міцності враховуючи дотичні напруження [14]

$$S_\tau = \frac{\tau_{-1}}{\frac{k_\tau \cdot \tau_V + \phi_\tau \cdot \tau_m}{\varepsilon_\tau}}, \quad (2.16)$$

де $k_\tau = 1,6$ [29], $\varepsilon_\tau = 0,68$ [29], $\phi_\tau = 0,1$ [14].

$$S_r = \frac{142}{\frac{1,6}{0,68} \cdot 0,8 + 0,1 \cdot 0,8} = 73,2.$$

Загальний коефіцієнт запасу міцності [14]

$$S = \frac{S_\sigma \cdot S_\tau}{\sqrt{S_\sigma^2 + S_\tau^2}} > [S]. \quad (2.17)$$

Отримаємо

$$S = \frac{6,4 \cdot 73,2}{\sqrt{6,4^2 + 73,2^2}} = 6,4 > [S].$$

Отримане значення достатнє, бо з вимог міцності $[S] = 1,5 - 2$; а з умови жорсткості $[S] = 2,5 - 3$.

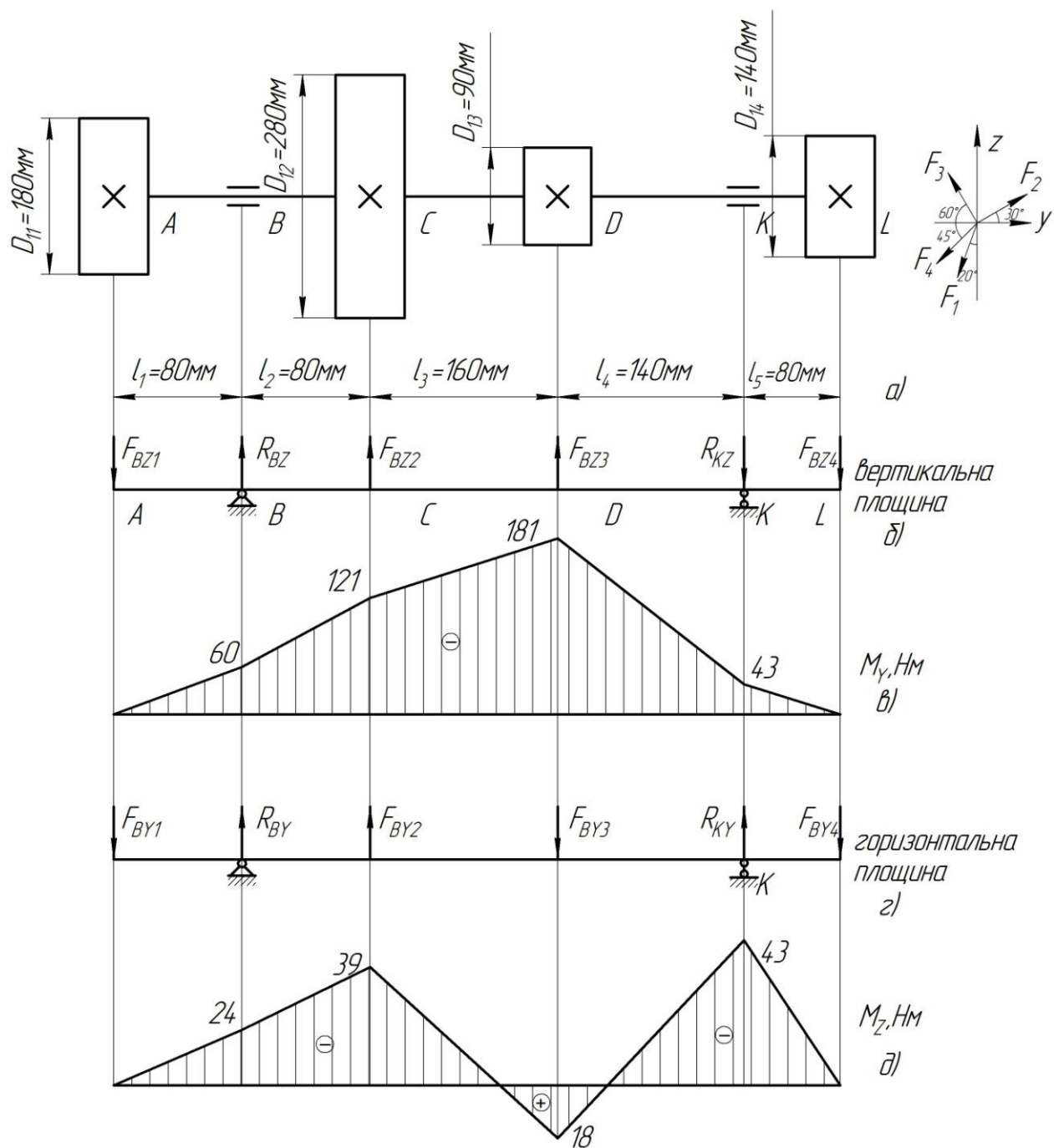


Рисунок 2.3

3. ПРОЄКТУВАННЯ ЦЕХУ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ

3.1. Проєктні розрахунки цеху для виробництва олії соняшникової

Для функціонування цеху з виробництва олії із соняшника потрібно виконати розрахунок потреби у сировині, визначити кількість побічної продукції, кількість приміщень та потребу в основних машинах і механізмах для забезпечення виробничих процесів.

Потребу у сировині розрахуємо з міркувань необхідної продуктивності цеху у якому перероблятимуть соняшникову олію – за зміну продуктивність має бути $Q_{3M} = 8000$ кг. Орієнтуючись на показник продуктивності, визначимо потребу у сировині, яка буде перероблятися за добу [11, 18]

$$Q_D = Q_{3M} \cdot k_{3M}, \quad (3.1)$$

де k_{3M} – число змін для роботи у цеху, приймемо $k_{3M} = 2$.

Тоді потреба у сировині буде

$$Q_D = 8000 \cdot 2 = 16\,000 \text{ кг/добу} = 16 \text{ т/добу}.$$

Орієнтуючись на отримані результати, можна визначити річну потребу у сировині [18]

$$Q_P = Q_D \cdot k_P, \quad (3.2)$$

де k_P – робочі дні протягом року не враховуючи святкові та вихідні дні,

$$k_P = 307.$$

Вважатимемо, що всі робочі дні цех буде завантажений постійно. Відповідно річна потреба у сировині

$$Q_P = 16000 \cdot 307 = 4\,912\,000 \text{ кг} = 4\,912 \text{ т/рік}.$$

Усі виробничі процеси окрім виходу основної продукції мають ще й побічну та відходи. Визначимо величину побічної продукції цеху з виробництва олії. Тут враховуватимемо норму виходу продукції з виробничої лінії [18, 21, 26] – під час очищення насіння соняшника від сторонніх домішок,

які можуть бути до 3 % за зміну, визначаємо об'єм виходу побічної продукції залежно від обсягу перероблюваної сировини протягом зміни

$$V_{\text{Д}} = Q_{\text{Д}} \cdot k_1, \quad (3.3)$$

де k_1 – коефіцієнт, що дорівнює 0,03. Тоді

$$V_{\text{Д}} = 16000 \cdot 0,03 = 480 \text{ кг/зміну}.$$

Обсяги сторонніх домішок при виробництві олії протягом року становитимуть

$$V_{\text{Р}} = V_{\text{Д}} \cdot k_{\text{Р}}, \quad (3.4)$$

тобто

$$V_{\text{Р}} = 480 \cdot 307 = 147\,360 \text{ кг/рік} = 147,36 \text{ т/рік}.$$

Під час лушення насіння соняшника для отримання олії загальна кількість побічної продукції може бути $k_{\text{П}} = 12\text{-}15 \%$. Потрібно визначити її вихід у кг за добу і за рік відповідно [18, 21, 26]:

$$V_{\text{Л.Д}} = Q_{\text{Д}} \cdot k_{\text{П}}; \quad (3.5)$$

$$V_{\text{Л.Р}} = V_{\text{Л.ЗМ}} \cdot k_{\text{Р}}. \quad (3.6)$$

Знайдемо, що

$$V_{\text{Л.Д}} = 16000 \cdot 0,15 = 2400 \text{ кг/добу};$$

$$V_{\text{Л.Р}} = 2400 \cdot 307 = 8 \text{ тон/рік}.$$

Виготовлення олії з насіння соняшника потребує піджарювання, видалення вологи та летких речовин. Під час цих процесів об'єм побічних продуктів буде $k_{\text{Ж}} = 5 \%$ із усієї кількості продукту, яку переробляють. Відповідно її кількість становитиме у кг за добу і за рік:

$$V_{\text{Ж.Д}} = Q_{\text{Д}} \cdot k_{\text{Ж}}; \quad (3.7)$$

$$V_{\text{Ж.Р}} = V_{\text{Ж}} \cdot k_{\text{Р}}. \quad (3.8)$$

Матимемо, що

$$V_{ж.д} = 16000 \cdot 0,05 = 800 \text{ кг/добу};$$

$$V_{ж.р} = 800 \cdot 307 = 245,6 \text{ тон/рік.}$$

Обсяг фугату орієнтовно 5% від загальної кількості виробленої продукції. Визначимо його кількісне відношення подібно того, як визначали кількість побічних продуктів під час піджарювання, отримаємо 800кг/добу і 245,6тони/рік.

Кількість жмиху буде найбільша і складе $K_{ж} = 34 \%$ від усієї кількості насіння, яке переробляють. Користуючись формулами [18, 19]:

$$V_{жм.д} = Q_{д} \cdot K_{ж}; \quad (3.9)$$

$$V_{жм.р} = V_{жм.д} \cdot k_{р}. \quad (3.10)$$

Отримаємо відповідно

$$V_{жм.д} = 16000 \cdot 0,34 = 5920 \text{ кг/добу}=5,92\text{т/добу};$$

$$V_{жм.р} = 5920 \cdot 307 = 1817,44 \text{ т/рік.}$$

Вихід мезги від усієї кількості насіння, що переробляється у цеху буде $K_{м} = 38 \%$, тоді за формулами:

$$V_{м.д} = Q_{д} \cdot K_{м}; \quad (3.11)$$

$$V_{м.р} = V_{м.д} \cdot k_{р}; \quad (3.12)$$

матимемо

$$V_{м.д} = 16000 \cdot 0,38 = 6080 \text{ кг/добу}=6,08\text{т/добу};$$

$$V_{м.р} = 6080 \cdot 307 = 18665,56 \text{ т/рік.}$$

Визначимо потребу у приміщеннях та основних машинах і механізмах для реалізації виробничих процесів у проектованому цеху. Керуючись нормами технологічного проектування, які використовують для внутрішнього обладнання переробних цехів, визначимо які саме мають бути необхідні приміщення та їх загальну кількість — дванадцять, а саме: приміщення персоналу; санвузол; духова; електрощитова; вентиляційна камера; коридор; відділення приймання і

підготування сировини до переробки; перше відділення для пресування; друге відділення пресування; відділення для очищення олії; склад жмиху; відділення відстою і видача олії. План цеху наведений в ілюстративній частині роботи.

Приймемо комплектацію обладнання цеху необхідного для переробки насіння соняшника в олію [11, 18, 21, 26]: бункер прийому насіння ТХ-4 – 1 шт; гвинтовий конвеєр для транспортування У21-БКВ-16-16 – 1шт.; приймальний живильник ПК-300 – 1 шт; шнек-транспортер ПК-3.04.000 – 1 шт; насіннерушильна машина ППМ-500.03.000 – 1 шт; бункер для лузги ТХ-5 – 1 шт; вальцевий верстат ВСС-1.00.00.000 – 1 шт; фалевочний верстат ППМ-500.06.00 – 1 шт; форпрес МП-68 – 1 шт; блок жаровень ЖС-200.00.00.000 – 1 шт; експелер Э-72 – 1 шт; обладнання для виморожування олії – 1 шт; гідратор Г-М250 – 1 шт; дезодоратор – 1 шт.

3.2. Проєкт плану цеху для переробки насіння соняшника та його обслуговування

Будівництво цеху для переробки в олію насіння соняшника виконують на ділянці поблизу наявного зерносховища, та є дорога з твердим покриттям, яка виконує роль основної транспортної магістралі для пересування обслуговуючого транспорту.

Проєкт генерального плану цеху виконують враховуючи технологічні, санітарні та протипожежні вимоги. Обов'язковим є передбачити основний в'їзд на територію цеху з автошляху. Для відведення дощових і талих вод влаштовують відкриті водостоки [18].

Розу вітрів наносять на креслення генерального плану цеху згори у лівому куті аркуша. Зображають розу вітрів у вигляді схеми, яка наочно показує розподіл напрямів вітру того в означеному пункті протягом року або за інший відрізок часу. Будують розу вітрів таким чином: у довільній точці наносять вісім ліній, які розташовують радіально через 45^0 , на них вказують, починаючи з вибраної першопочатково довільної точки, відрізки, що мають довжину пропорційну частоті з якою вітри певного напрямку повторюються.

Закінчення означених відрізків з'єднують послідовно прямими лініями, які в результаті створюють багатокутник, який і називають роза вітрів. Загалом на кресленні плану переважно наносять три багатокутники: верхній, який показує річну розу вітрів; середній, що показує розу вітрів у січні та нижній, що показує розу вітрів протягом липня.

Цех з переробки насіння соняшника обслуговують штатні робітники, які прийняті на роботу відповідно до типових рішень штатних розкладів, з врахуванням об'ємно-планових рішень, призначення обладнання, особливостей розробленої технології виробництва олії, застосовуваних засобів механізації у цеху і трудомісткості робіт. Цех працює у двохзмінному режим (базовим є однозмінний). Обслуговуючий персонал три (у базовому режимі – два) оператори задіяні протягом зміни та один оператор підмінний.

Кількість робочих днів у році – триста сім, протягом яких цех працює у дві або одну зміну залежно від кількості сировини, що надходить. Обслуговуючий персонал забезпечений побутовими приміщеннями, що вказано на плані цеху. Технічне обслуговування використовуваного у цеху технологічного обладнання та його поточний ремонт виконують щозмінно оператори цеху.

Капітальний ремонт технологічного обладнання виконують у профілактичний період фахівці ремонтно-механічної служби господарства, у якому використовують проєктований цех або здійснюють на договірній основі із залученням фахівців-ремонтників із підприємств виробників обладнання.

3.3. Обґрунтування доцільності проєктованого цеху з виробництва олії

Комплект обладнання цеху для переробки в олію насіння соняшника містить різнопланове обладнання, здебільшого українських виробників. У цеху виробляють два види олії – форпресова (непрожарена) і пресова, яка отримана у результаті прожарювання.

Запропонована технологія виготовлення олії в цеху забезпечена відповідним обладнанням і розподіляється на два процеси: перший – обробка насіння, другий – обробка м'ятки для отримання олії.

Обладнання, яке задіяне у процесі обробки насіння, складається із набору таких машин: прийомного бункера насіння, гвинтового конвеєра, прийомника-живильника, транспортуючого шнека, насіннерушильної машини та бункера для лузги.

Доцільність використання проєтованого цеху обґрунтуємо визначивши продуктивність основного обладнання та затрати праці.

Годинна продуктивність технологічного процесу обробки насіння

$$W_I = \frac{Q}{T}, \quad (3.13)$$

де Q – продуктивність, яку забезпечує переробний цеху за сировиною,

визначають у тонах протягом зміни, $Q = 8$ тонн;

T – час, протягом якого задіяне обладнання, $T = 7$ год.

Отримаємо

$$W_I = \frac{8}{7} = 1,14 \text{ т/год.}$$

Основне обладнання на ділянці з обробки насіння – насіннерушильна машина, продуктивність якої 1000 кг/год, що узгоджується з паспортною продуктивністю.

Обладнання, яке задіяне в обробці м'ятки, складається з набору таких машин: вальцевого верстата, фалєвочного верстата, блоку жаровень, форпреса та експерлерного преса (у базовому варіанті цеху використовували гідравлічний прес).

Кількість отримуваної м'ятки відповідає кількості отримуваних жмиху та олії, а також вазі вологи і летучих речовин, які видаляються під час прожарювання. Сумарно буде

$$Q_H = 5920 + 1000 + 800 = 7720 \text{ кг.}$$

Годинна продуктивність технологічного процесу обробки м'ятки

$$W_{II} = \frac{Q_H}{T}, \quad (3.14)$$

а саме

$$W_{II} = \frac{7,72}{7} = 1,1 \text{ т/ГОД.}$$

Обладнання, яке було вибрано для комплектування цеху забезпечує потрібну продуктивність.

Враховуючи продуктивність експелерного преса отримаємо

$$Q' = 5920 + 100 = 6020 \text{ кг,}$$

тоді

$$W'_{II} = \frac{6,92}{7} = 0,99 \text{ т/ГОД.}$$

Отже, продуктивність експелера – 1 т/год.

У результаті для комплектації цеху приймемо один прес для форпресування та один прес для кінцевого пресування м'ятки – експелерпрес.

Визначення машин, що входять у технологічну лінію цеху.

Враховуючи виконані розрахунки, у комплект обладнання цеху повинні входити два преси – форпрес і експелерпрес, які виконують необхідний об'єм робіт з обробки м'ятки, а також комплект фільтрпресів, установка для виморожування воску та дезодоратор для очищення олії.

Визначимо основні експлуатаційні показники розробленого проекту цеху для виробництва олії: затрати праці, розхід електроенергії та води.

Затрати праці за зміну [11, 18]

$$Z_{3M} = A \cdot t, \quad (3.15)$$

де A – кількість операторів, $A = 4$ людини;

t – час робочої зміни, $t = 7$ год;

$$Z_{3M} = 4 \cdot 7 = 28 \text{ люд/(год у зміну).}$$

Визначимо затрати праці за рік на виготовлену продукцію – олію соняшникову

$$z_p = z_{3M} \cdot 307 , \quad (3.16)$$

відповідно

$$z_p = 28 \cdot 307 = 8400 \text{ люд/год.}$$

Проектований цех можна використовувати.

Вибравши потрібне обладнання для цеху (див. 3.1 та додаток А, табл. А1 частково), визначимо його встановлену потужність та час протягом якого воно працює, розхід електроенергії потрібно визначити для виробничих цілей та для освітлення приміщення цеху

$$P_{EL} = P_{BC} \cdot t + O , \quad (3.17)$$

де P_{BC} – потрібна потужність для обладнання цеху, $P_{BC} = 75 \text{ кВт}$;

O – розхід електроенергії на освітлення, $O = 6 \text{ кВт}$.

$$P_{EL} = 75 \cdot 7 + 6 = 531 \text{ кВт/зміну.}$$

Визначимо потребу цеху у воді – на господарсько-побутові потреби протягом зміни потрібно $1,7 \text{ м}^3$ на рік роботи відповідно – 521 м^3 . Визначимо також потребу в парі – $0,5 \text{ т/год}$ температура якої $120\text{-}140^\circ\text{C}$ при тиску $0,3 \text{ МПа}$, відповідно потреба у парі протягом року буде – $0,5 \cdot 14 \cdot 307 = 2149 \text{ тони}$.

Витрати протягом року на електроенергію і воду можуть змінюватися з врахуванням потреби в цих ресурсах та їх вартості.

Для проєктованого цеху витрати на сировину та розхідні матеріали можуть бути більшими ніж для цеху взятого за основу, однак вони окупляться завдяки збільшенню продуктивності обладнання і, як наслідок, отриманням більшої кількості основної продукції, олії – 586 тонн порівняно до 135 тонн та побічної продукції: жмиху – 644 тонни проти 158 та лузги – 46 тонн проти 16 тонн . Завдяки збільшенню об’ємів виробленої продукції та ефективної роботи цеху можна досягти прибутку від реалізації готової продукції.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Заходи охорони праці при виробництві соняшникової олії

Проект цеху для виготовлення соняшникової олії виконаний відповідно до основних положень і вимог правил охорони праці, виробничої санітарії, будівельних і санітарних норм.

Всі роботи пов'язані з монтажем, експлуатацією, ремонтом і технічним обслуговуванням повинні виконуватися відповідно до вимог „Правил з техніки безпеки і виробничої санітарії на підприємствах з виробництва рослинної олії” і державних стандартів системи безпеки праці.

Передбачені наступні заходи і технічні рішення:

- проходи і проїзди між технологічним обладнання забезпечують безпечне його обслуговування;
- для пониження надлишкового шуму від вентиляційних установок відцентрові вентилятори монтують на віброізоляторах, на патрубках передбачені м'які вставки;
- для поглинання надлишкового тепла над жаровнями встановлюють зонти з вентиляторами;
- технологічне обладнання, яке видає шум вище нормативних рівнів, встановлюють на гумові пластини;
- встановлюють захист від ураження струмом високої частоти;
- встановлюють огороження небезпечних ділянок і рухомих частин обладнання і механізмів.

Особи, допущені до експлуатації та обслуговування технологічного обладнання повинні пройти навчання та інструктаж за відповідними програмами і добре знати інструкції заводів-виготовлювачів технологічного обладнання.

Перед початком роботи слід оглянути обладнання, переконатися в його справності, перевірити справність і надійність роботи електроблокування. Під час роботи машини не знімати огороження, проводити чистку, змащування і ремонт обладнання.

Для розробленої технології переробки насіння соняшнику в олію застосовано різноманітне обладнання, основне з яких: насіннерушильна машина, вальцевий верстат, форпрес, експертний агрегат, блок жаровень.

Для нормальної роботи насіннерушильної машини потрібно дотримуватися таких основних вимог:

- барабан насіннерушки повинен бути старанно відбалансований;
- відстань між бичами і декою повинна бути рівномірною по всій довжині барабану;
- під час роботи насіннерушки необхідно контролювати: стан підшипників і наявність в них мастила, не допускаючи витікання мастила і нагрівання підшипників; нормальну роботу приводного пристрою;
- при виникненні у машині стуку чи інших явищ, які вказують на несправність, необхідно зняти навантаження і зупинити машину, виявити причину стуку чи інших несправностей і усунути їх, після чого машину можна включати у робочий процес;
- при цілодобовій роботі насіннерушки її необхідно зупиняти для внутрішнього огляду і ремонту не менше одного разу на місяць.

Після зупинки машини перевіряють:

- 1) стан поверхні деки; при появі згладженої поверхні насіннерушки її слід розібрати, перебрати рифельні секції деки, зношені секції перевернути чи замінити на нові;
- 2) стан бичів; при утворенні у бичів гострих кромek чи нерівної виробітки слід повернути на зовнішню сторону чи при повному зношенні замінити новими і перевірити балансування барабана;
- 3) паралельність бичів поверхні деки.

При пуску п'ятивальцевого верстата необхідно: перевірити кріплення болтів на фундаментній рамі і чотирьох станини; перевірити наповнення всіх підшипників мастилом; встановити на місце всі щити і ножі і закрити верстат; зшити і надягти паси на шківи розмельних валків; поставити на місця огороження; забрати інструмент; пустити вальцевий верстат вхолосту [4, 11, 18].

При роботі на холостому ході необхідно переконатися у тому, що вальцевий верстат працює спокійно без стукоту; валки і шківни не б'ють; мастило не впливає з підшипників і вони не гріються, паси не збігають зі шківів; щити і ножі добре пригнані до валків, електродвигун і редуктор не нагріваються і працюють нормально.

При виявленні будь-яких дефектів у роботі верстату, його необхідно зупинити, виявити причину виникнення дефектів, усунути їх, потім запустити верстат. Після тридцяти хвилин безперервної роботи на холостому ході верстат можна пускати під завантаження.

Під час роботи вальцевого верстату необхідно:

- стежити за рівномірним розподілом ядра по довжині живильного валика і розмельних валків;
- стежити, щоб направляючі щити і ножі не пропускали матеріал;
- стежити за нормальною роботою приводних пасів;
- стежити за наявністю огорожень;
- стежити за нормальним навантаженням електродвигуна.

При виникненні у верстата стукоту чи інших явищ, що вказують на несправність, негайно припинити подачу ядра на вальці, підняти щити, пропустити матеріал, що залишився і виключити електродвигун; виявити причини несправностей і після їх усунення включити верстат знову. Перед включенням електродвигуна після раптової зупинки вальцевий верстат прокрутити вручну.

Перед зупинкою вальцевого верстата припиняють подачу ядра, виключивши живильний валик, після того, як зійде весь матеріал з розмельних валків, можна зупинити верстат вимиканням електродвигуна.

При раптовій зупинці верстата під навантаженням через припинення подачі електроенергії необхідно виключити електродвигун, зняти щити, прокрутити вальці вручну, очистивши їх від матеріалу, після цього встановити захисні щити і можна знову включати верстат у роботу [4, 11, 18].

4.2. Розрахунок системи освітлення для цеху з виробництва соняшникової олії

При розрахунку штучного освітлення необхідно враховувати розміри освітлювального цеху з виробництва соняшникової олії, характер середовища у ньому, точність виконуваної роботи і т.ін. Розрахунок штучного освітлення потребує вирішення кількох питань.

Вибір типу джерела світла. У проєктованому цеху з виробництва соняшникової олії застосовуємо освітлювальні установки з люмінесцентними лампами.

Вибір системи освітлення. Використовуємо систему загального освітлення, так як робота у цеху пов'язана з IV-V розрядами зорової роботи.

Вибираємо типу світильників. Для проєктованого цеху розмірами 18мх12мх6,3м приймаємо світильники типу ОД, у якому відношення відстані між центрами світильників до висоти їх підвісу над робочою поверхнею складає 1,4 м. Виконаємо розподіл світильників і визначаємо їх число.

Визначаємо відстань між центрами світильників [4]

$$l_C = \lambda \cdot h_C, \quad (4.1)$$

де λ – відношення відстані між центрами світильників на висоті їх підвісу над робочою поверхнею, для світильників ОД $\lambda = 1,4$;

h_C – висота підвісу світильника над робочою поверхнею, $h_C = 6,3$ м.

Тоді

$$l_C = 1,4 \cdot 6,3 = 8,8 \text{ м.}$$

Враховуючи площу проєктованого цеху потрібно встановити десять світильників.

Нормована освітлюваність на робочому місці – $E_H = 100$ лк [4].

Розраховуємо потужність джерела світла. Для розрахунку загального освітлення горизонтальної робочої поверхні використовують метод світлового потоку. Світловий потік лампи розраховуємо за формулою [4]

$$F = \frac{E_H \cdot K_3 \cdot S_H}{N \cdot \eta \cdot n_C}, \quad (4.5)$$

де F – світловий потік лампи;

E_H – нормована освітлюваність, $E_H = 100 \text{ лк}$;

K_3 – коефіцієнт запасу, залежить від запиленості повітряного середовища, має значення, $K_3 = 1,2 \dots 2,0$; приймаємо $K_3 = 1,4$;

N – кількість світильників у приміщенні, $N = 10 \text{ шт}$;

S_H – площа освітлювального приміщення, $S_H = 220 \text{ м}^2$;

η – коефіцієнт використання світлового потоку, $\eta = 0,2 \dots 0,6$, приймаємо $\eta = 0,4$;

n_C – число ламп у світильнику, $n_C = 2 \text{ шт}$ (для світильників типу ОД).

Тоді

$$F = \frac{100 \cdot 1,4 \cdot 220}{10 \cdot 0,4 \cdot 2} = 3850 \text{ лм.}$$

З [4] приймаємо люмінесцентні лампи типу ЛБ-80, світлова віддача яких $65,2 \text{ лм/Вт}$.

Загальна площа всієї освітлювальної системи буде дорівнювати

$$P = \frac{3850 \cdot 24}{65,3} = 1415 \text{ Вт.}$$

4.3. Захист виробничого персоналу при виникненні надзвичайних ситуацій

Сучасний стан розвитку машинобудування забезпечує зростання технічного прогресу у аграрному виробництві, що вимагає організації випуску нової високопродуктивної техніки. У галузі агровиробництва особливу увагу

приділяють безпеці життєдіяльності на виробництвах із небезпечними умовами роботи.

Актуальність проблеми забезпечення природно-техногенної безпеки населення і територій, зумовлена тенденціями зростання втрат людей і шкоди територіям, що спричиняються небезпечними природними явищами, промисловими аваріями і катастрофами. Ризики надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру невпинно зростають.

Забезпечення безпеки та захисту населення в Україні, об'єктів економіки і національного надбання держави від негативних наслідків надзвичайних ситуацій повинно розглядатися як невід'ємна частина державної політики національної безпеки і державного будівництва, як одна з найважливіших функцій органів виконавчої влади як центральних, так і місцевих.

Стратегічні напрями та засоби вирішення проблеми захисту населення і виробничого об'єкту, реальне створення територіальних і функціональних підсистем Єдиної державної системи запобігання надзвичайним ситуаціям техногенного і природного характеру та реагування на них передбачені існуючою законодавчою базою держави. Вона визначає організаційні та правові основи захисту громадян України, захисту об'єктів виробничого і соціального призначення, довкілля від надзвичайних ситуацій.

На підприємствах агропромислового виробництва чи інших підприємствах і народногосподарських об'єктах у випадку виникнення надзвичайної ситуації (НДС) доводиться виконувати великий обсяг рятувальних та інших невідкладних аварійно-відновлювальних робіт у складних умовах обстановки, обмеженості часу для порятунку людей, у завалених притулках і укриттях, у палаючих будинках, районах зараження.

Основними принципами, що забезпечують успішне виконання робіт з порятунку постраждалих у разі виникнення НДС, є [4]:

1. Швидкість розгортання сил і засобів для проведення рятувальних робіт. З цією метою усі формування, насамперед рятувальні, аварійно-технічні, протипожежні, медичні негайно приступають до порятунку потерпілих. Першими включаються у рятувальні роботи формування, що прибувають на

об'єкти агропромислового виробництва у першій зміні. Потім темп ведення робіт нарощується за рахунок введення наступних змін і, якщо необхідно, формувань сільської місцевості.

2. Порятунк потерпілих у найкоротший термін забезпечується тим, що формування, що прибули на об'єкт, негайно приступають до робіт, діють рішуче, швидко, виявляючи при цьому ініціативу. Необхідно у перші години подати повітря у завалені чи ушкоджені будівлі, а також надати першу медичну допомогу основній масі потерпілих. Тому роботи ведуться безупинно (вдень і вночі), з великою напругою сил і у високих темпах.

3. Використання сил і засобів для надання допомоги на головних ділянках території міста чи об'єкта, де можуть знаходитися основні маси потерпілих, що опинилися у тяжких умовах.

4. Роботи ведуться із широким використанням засобів механізації і тільки при їхній відсутності – вручну. Необхідно вжити всіх заходів, щоб технічні засоби були підтягнуті до місця роботи і забезпечені паливом, тому що тільки при максимальному використанні техніки можливе проведення великого обсягу робіт у короткий термін.

5. Формування використовуються з урахуванням їх спеціальності, для того, щоб кожний підрозділ міг виконувати звичні для нього роботи. Таке використання формувань може забезпечити високу продуктивність і якнайшвидше завершення робіт. Виконання робіт не за фахом допускається тільки у крайніх випадках.

6. Тривалість роботи змін встановлюється начальником об'єкта і командиром формування, виходячи з обстановки, яка склалася.

7. При роботі строго дотримуються заходів безпеки.

8. Рятувальні і невідкладні аварійно-відбудовні роботи розгортаються масово і проводяться до повного їхнього завершення.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Кваліфікаційна робота присвячена важливій темі – покращенню технології виготовлення соняшникової олії з обґрунтуванням необхідного обладнання для її реалізації. Проаналізовано цінність соняшникової олії, як одного із необхідних продуктів харчування та важливість побічних продуктів, отримуваних під час виготовлення олії.

Проаналізовано способи переробки насіння соняшника в олію та використовуване для їх реалізації обладнання, на цій основі розроблено технологію переробки в олію насіння соняшника і вибрано обладнання для цеху з переробки. Запропонована технологія поєднує два механічні процеси: перший – обробка насіння, другий – обробка м'ятки для отримання олії.

Виконані проєктні розрахунки цеху для виробництва соняшникової олії, розроблено проєкт плану цеху та обґрунтовано його доцільність, а саме: продуктивність машин, які використані у технологічній лінії виробництва олії повністю забезпечують виробничі потужності і переробляють за зміну 8 т насіння соняшника, цех працює у дві зміни, потреба у сировині протягом доби – 16 т, з яких отримують 6,1 т мезги з якої віджимають олію, жмиху 5,9 т, побічної продукції (лузги, фугату) – 2,4 т та сторонніх домішок 0,48 т.

Для покращення процесу відділення плодових оболонок від ядра соняшника удосконалено насіннерушильну машину продуктивністю 530 кг/год – змінено конструкцію приводу виконавчих механізмів (ситового кузова, просіюючого пристрою, ексцентриковий вал і прийомного пристрою), тобто усі вони працюватимуть від одного двигуна, зменшиться кількість використовуваних шківів і пасів пасових передач та підшипників для встановлення валів, спрощується конструкція машини і зменшується металоємність. Приводні вали кожного із механізмів насіннерушки приводяться в рух від одного двигуна через клинопасові передачі у такій послідовності: від вала двигуна оберти надходять до вала бичового барабана, від вала цього барабана оберти розподіляються і передаються на вал вентилятора, ексцентриковий вал та живильний вал. Розраховано вал бичового барабана.

Розроблено заходи охорони праці у цеху з виробництві соняшникової олії.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бабій А.В. Методичні вказівки до виконання курсового проєкту з дисципліни «Сільськогосподарські машини: конструкції та розрахунок» для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 208 «Агроінженерія» для здобуття освітнього ступеня «Бакалавр». Машини для заготівлі кормів. Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2022. 76с.
2. Бабій А.В., Бабій М.В. Організація і технологія механізованих робіт: навчальний посібник до курсового проєктування для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 208 «Агроінженерія» для здобуття освітнього ступеня «Бакалавр». Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2023. 144 с.
3. Гевко Р.Б., Хомик Н.І., Жаровський О.С., Довбуш Т.А Деталі машин та основи автоматизованого конструювання: навчальний посібник до лабораторних робіт Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2021. 256 с.
4. Гогіташвілі Г.Г., Лапін В.М. Основи охорони праці. Львів: Новий світ, 2000. 230 с.
5. Довбуш Т.А. Зниження металоємності гнучких транспортуючих механізмів /Т.А. Довбуш, Н.І. Хомик, Г.Б. Цьонь // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій» до 60-річчя з дня заснування Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя та 175-річчя з дня народження Івана Пулюя, 14-15 травня 2020 року. Тернопіль: ТНТУ, 2020. С. 20-21.
6. Довбуш Т.А. Опір матеріалів: навчальний посібник до виконання розрахунково-графічних робіт і самостійної роботи / Т.А. Довбуш, Н.І. Хомик, А.В. Бабій, Г.Б. Цьонь, А.Д. Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. 220 с.
7. Довбуш А.Д. Прикладна механіка і основи конструювання: навчально-методичний посібник до розрахунково-графічної роботи / А.Д. Довбуш, Н.І. Хомик, Т.А. Довбуш, Н.А. Рубінець. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2015. 116 с.

8. Довбуш Т.А. Шляхи зменшення металомісткості гнучких шнекових механізмів// Довбуш Т.А., Хомик Н.І., Довбуш А.Д., Цьонь Г.Б. // Збірник тез доповідей міжнародної науково-технічної конференції присвяченої пам'яті професора Гевка Богдана Матвійовича «Проблеми теорії проектування та виготовлення транспортно-технологічних машин», 23-24 вересня 2021. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2021. С.67-68.
9. Олексюк В.П. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія». / В.П. Олексюк, А.В. Бабій, М.Я. Сташків, Н.І. Хомик, Т.А. Довбуш, Г.Б. Цьонь, В.В. Мартинюк. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2024. 93 с.
10. Хомик Н.І., Антончак Н.А. Механізація зберігання сільськогосподарської продукції: навчально-методичний посібник до курсового проектування. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2018. 136с.
11. Хомик Н.І. Вступ до фаху: навчальний посібник для студентів спеціальності 208 «Агроінженерія» / Н.І. Хомик, Г.Б. Цьонь, Т.А. Довбуш, І.Й. Блозва, А.Д. Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. 348 с.
12. Хомик Н.І. Деталі машин. Курс лекцій для студентів заочної форми навчання. / Н.І. Хомик, А.Д. Довбуш, О.П. Цьонь. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2016. 160 с.
13. Хомик Н.І., Довбуш А.Д., Олексюк В.П. Машини та обладнання для тваринництва. Навчальний посібник (курс лекцій). Частина перша. Хомик Н.І., Довбуш А.Д., Олексюк В.П. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2021. 240 с.
14. Хомик Н.І., Довбуш А.Д. Технічна механіка: навчально-методичний посібник до курсової роботи для студентів напряму підготовки «Електротехніка та електротехнології» денної та заочної форм навчання Тернопіль: Видавництво ТНТУ ім. І.Пулюя, 2013. 192 с.
15. Хомик Н.І., Довбуш Т.А., Рубінець Н.А., Довбуш А.Д. Аналітичне дослідження напружено-деформованого стану складних конструктивних систем з довільним зовнішнім навантаженням. *Вісник Харківського*

національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Випуск 158. «Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві». Харків: ФО-П Дуюнова Т.В., 2015. С.44–50.

16. Хомик Н.І., Мартинюк В.В., Бабій А.В., Цьонь Г.Б., Довбуш Т.А., Довбуш А.Д. Агрозахист: навчальний посібник за заг. ред. к. т. н., доц. Хомик Н. І. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2025. 520 с.
17. Хомик Н.І. Методичний посібник до виконання дипломної роботи для здобуття освітнього ступеня «магістр» для спеціальності 133 Галузеве машинобудування /Н.І. Хомик, М.Я. Сташків, В.П. Олексюк. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2018. 164 с.
18. Хомик Н.І. Механізація зберігання сільськогосподарської продукції: методичні вказівки до виконання практичних робіт. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2018. 60 с
19. Хомик Н.І., Ткаченко І.Г., Довбуш А.Д. Машини та обладнання для тваринництва: навчальний посібник до курсового проектування для студентів спеціальності 208 «Агроінженерія». Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. 100 с.
20. Хомик Н.І., Олексюк В.П., Сташків М.Я., Бабій А.В., Довбуш Т.А., Методичний посібник до виконання кваліфікаційної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності Агроінженерія. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2025. 180 с.
21. Хомик Н.І., Олексюк В.П., Цьонь О.П. Механізація переробки та зберігання сільськогосподарської продукції. Навчальний посібник. Курс лекцій. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2016. 288 с.
22. Хомик Н.І. Основи агрономії: навчальний посібник (курс лекцій) /Н.І. Хомик, Г.Б. Цьонь, Т.А. Довбуш, В.П. Олексюк. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2021. 232 с.
23. Хомик Н.І. Основи агрономії: навчальний посібник до практичних занять та самостійної роботи /Н.І. Хомик, Г.Б. Цьонь, Т.А. Довбуш, Н.А. Антончак. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2021. 320 с.

24. Хомик Н.І. Технологія виробництва і переробки сільськогосподарської продукції: курс лекцій / Н.І. Хомик, Н.Б. Гаврон, Н.А. Рубінець. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2016. 248 с.
25. Хомик Н.І., Цьонь Г.Б., Довбуш Т.А. Навчальна практика: методичний посібник для студентів спеціальності 208 «Агроінженерія». Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. 140 с.
26. Чурсінов Ю.А. Аналітичне дослідження перспективи процесів автоматизації прийому, оцінки якості та закладання зерна на зернопереробних підприємствах / Ю.А. Чурсінов, О.С. Ковальова, В.С. Калина, Г.О. Пилипенко, Н.І.Хомик, Ch. Lehmann // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: наукове фахове видання, ТДАТУ; гол. ред. д.т.н., проф. В.М. Кюрчев. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. Вип. 20, т. 1. С.93-107.
27. Babii A., Dovbush T., Khomuk N., Dovbush A., Tson A., Oleksyuk V. Mathematical model of a loaded supporting frame of a solid fertilizers distributor *Procedia Structural Integrity*, 2022. No 36, 203-210.
<https://doi.org/10.1016/j.prostr.2022.01.025>
28. Dovbush Taras, Khomyk Nadia, Dovbush Anatolii, Palyukh A. Estimation of the load capacity and the strain-stress state of rod transporters. *Scientific Journal of the Ternopil national technical university*. Tern.: TNTU, 2022. Vol 108. No 4. PP. 5-15.
29. Bulgakov Volodymyr, Olena Glazunova, Oleksandra Trokhaniak, Arlindo Almeida, Adolfs Rucins, Aivars Aboltins, Simone Pascuzzi, Nadia Khomyk, Ivan Beloev, Kaloyan Stoyanov. Investigation in energy parameters of process of compacted soil transportation by flexible sectional screw conveyor. *Engineering for rural development*. Jelgava, 21.-23.05.2025. PP.147-155.
<https://DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF027>
30. Tchoursinov Yuriy. Phyto-feed additives production: technological aspects and biological value. / Yuriy Tchoursinov, Olena Kovaliova, Viktoriia Kalyna, Svitlana Mykolenko, Nadiia Khomuk /*Scientific Bulletin. Series F. Biotechnologies*, Vol. XXIV, No. 2, 2020, P.43-48.

31. Dovbush Taras, Khomyk Nadia, Dovbush Anatolii. Study of the work of the grinder in different types of meat cropping. *Scientific Journal of the Ternopil national technical university*. Tern.: TNTU, 2023. Vol 111. No 3. P. 76-83.
32. Хомик Н.І., Довбуш Т.А., Дунець Б.О. Напрямки мінімізації матеріаломісткості шарнірно-з'єднаних секцій робочих органів гвинтових конвеєрів /Збірник тез доповідей II Міжнародної науково-практичної конференції «Агроінженерія: сучасні проблеми та перспективи розвитку», присвячена 90-й річниці з дня заснування механіко-технологічного факультету НУБіП України (7-8 листопада 2019 року). Київ, 2019. С. 69-70.
33. Довбуш Т.А. Методи проектування сільськогосподарських машин: навчально-методичний посібник до курсового проектування /Т.А. Довбуш, Н.І. Хомик, А.Д. Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2019. 72 с.
34. Хомик Н.І., Цьонь Г.Б., Довбуш Т.А. Ознайомча практика: методичний посібник для студентів спеціальності 208 «Агроінженерія». Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. 80 с.
35. Гевко Р. Б., Ткаченко І. Г., Павх І. І. Машини сільськогосподарського виробництва. Тернопіль, 2005. 228 с.
36. Брошак І. С. Моніторинг ґрунтів, шляхи покращення родючості та екологічної безпеки земель тернопільської області: монографія. Тернопіль: Видавн.-поліграф. центр «Економічна думка», 2013. 160 с.
37. Babii A., Babii M. Impact of oscillation amplitude of boom sprayers load-bearing frame sections. *Scientific Journal of TNTU*. 2019. Vol. 95. No 3. P. 97–104. DOI: https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2019.03.097