

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

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(назва факультету)

Кафедра обладнання харчових технологій

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня бакалавра

бакалавр

РОЗРОБЛЕННЯ ЗАХОДІВ З МОНТАЖУ, ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА РЕМОНТУ ПРЕСА ДЛЯ ШКВАРИ МАРКИ Е8-ФОВ

Виконав: студент _____ IV _____ курсу, групи МО-41,
спеціальності: 133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва спеціальності)

(підпис) Мізинчук Ю.М.
(прізвище та ініціали)

Керівник _____
(підпис) Деркач А.В.
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль _____
Кравець О.І.

Т.в.о. зав. кафедрою _____
(підпис) Пилипець О.М.
(прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(підпис) _____
(прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2026

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

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

Кафедра обладнання харчових технологій

ЗАТВЕРДЖУЮ
Т.в.о. завідувача кафедрою ОХ
Пилипець О.М.
(підпис) (прізвище, ініціали)
“ ” 2026р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва спеціальності)

здобувачу Мізінчуку Юрію Михайловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розроблення заходів з монтажу, експлуатації та ремонту преса для шквари марки Е8-ФОБ

керівник роботи Деркач Андрій Васильович к.т.н.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від 02.02.2026 року № 4/9-93

2. Строк подання студентом проекту : 10 червня 2026 року

3. Вихідні дані до проекту: Технічний паспорт преса для шквари марки Е8-ФОБ

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

У кваліфікаційній роботі необхідно провести аналіз сучасного стану технічних рішень у сфері обладнання для переробки шквари та дослідити конструктивні особливості преса марки Е8-ФОБ. Виконати огляд патентних матеріалів, науково-технічної літератури та визначити основні напрями вдосконалення обладнання. Сформулювати мету роботи та основні завдання дослідження.

Розробити та обґрунтувати конструкцію преса для шквари марки Е8-ФОБ. Провести технологічні розрахунки процесу пресування, визначити диференціальну теплоту набухання шквари, витрати допоміжних матеріалів і робочих середовищ. Виконати вибір та аналіз структурної схеми преса, розробити кінематичну схему обладнання, провести кінематичний розрахунок основних вузлів та уточнити режими їх роботи. Виконати конструктивні розрахунки преса, визначити витрати потужності на процес пресування, розробити опис конструкції та принципу дії обладнання. Провести перевірочні розрахунки деталей і вузлів на міцність, жорсткість, зносостійкість та віб्रोустійкість.

Розробити заходи з монтажу, експлуатації та ремонту преса марки Е8-ФОБ. Скласти схему монтажу обладнання, виконати вибір такелажного оснащення та обґрунтувати схему транспортування і переміщення преса. Провести розрахунок зміни вантажопідйомності автотранспорту залежно від положення вантажу, визначити навантаження на основу та вибрати раціональний спосіб вивірки обладнання під час монтажу. Дослідити характерні причини відмов і несправностей преса, розробити систему планово-попереджувального ремонту та графік технічного обслуговування. Підготувати технічну документацію на проведення ремонтних робіт, виконати дефектування та сортування деталей. Провести аналіз технічних вимог до деталі «кришка» та розробити технологічний процес її виготовлення.

Розглянути питання безпеки життєдіяльності та охорони праці під час монтажу, експлуатації та ремонту преса для шквари марки Е8-ФОБ.

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

1. Прес для шквари марки Е8-ФОБ. Загальний вигляд. Ф А1. 2. Кінематична схема. Ф А1. 3. Вертикальний шнек. Складальне креслення. Ф А1. 4. Схема збирання-розбирання вертикального шнека Л5-ОЭК. Складальне креслення. Ф А1. 5. Графічне представлення технологічного процесу механічної обробки. Ф А1. 6. Монтажна схема. Ф А1.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Кравець О.І. – доцент каф. ОХ Стручок В.С. – ст. викл. каф. ОХ		
Нормоконтроль	Кравець О.І. – доцент каф. ОХ		

7. Дата видачі завдання 07.02.2026р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітки
1.	<i>1. Аналіз стану питання та визначення задач кваліфікаційної роботи</i>	до 01.03.2026р.	
2.	<i>2. Конструктивна частина</i>	до 15.03.2026р.	
3.	<i>3. Технологічні процеси ремонту</i>	до 25.03.2026р.	
4.	<i>4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.</i>	до 01.04.2026р.	
5.	<i>Загальні висновки.</i>	до 05.04.2026р.	
6.	<i>Перелік посилань</i>	до 10.04.2026р.	
7.			
8.	<i><u>Прес для шквари марки Е8-Ф ОБ. Загальний вигляд. Ф А1.</u></i>	до 15.04.2026р.	
9.	<i><u>Кінематична схема преса марки Е8-Ф ОБ. Ф А1.</u></i>		
10.	<i><u>Графічне представлення технологічного процесу механічної обробки. ФА1. 6.</u></i>	до 20.04.2026р.	
11.	<i><u>Схема збирання-розбирання вертикального шнека Л5-ОЗК. Складальне креслення. Ф А1.</u></i>	до 1.05.2026р.	
12.	<i><u>Вертикальний шнек. Складальне креслення. Ф А1. 4.</u></i>	до 25.05.2026р.	
13.	<i><u>Монтажна схема. Ф А1.</u></i>	до 01.06.2026р.	

Здобувач _____ Мізінчук Ю.М.

Керівник роботи _____ Деркач А.В.

Анотація

Кваліфікаційна робота: «Розроблення заходів з монтажу, експлуатації та ремонту преса для шквари марки Е8-ФОВ»

Автор: Мізинчук Юрій Михайлович

Кваліфікаційна робота присвячена розробленню комплексу технічних і організаційних заходів щодо забезпечення ефективної роботи шнекового преса для шквари марки Е8-ФОВ, який використовується у м'ясопереробній промисловості для відокремлення жирової фракції з відходів переробки сировини.

Метою роботи є підвищення надійності та ефективності роботи преса Е8-ФОВ шляхом удосконалення підходів до його монтажу, експлуатації та системи технічного обслуговування і ремонту.

У процесі виконання роботи проведено аналіз конструкції та принципу роботи преса, досліджено умови його експлуатації та основні причини відмов. Виконано кінематичні та конструктивні розрахунки основних вузлів, зокрема приводу та шнекових елементів. Розроблено рекомендації щодо правильного монтажу обладнання в умовах виробництва без застосування фундаментного кріплення.

Окрему увагу приділено системі планово-попереджувального ремонту, визначено структуру ремонтного циклу, трудомісткість технічного обслуговування та ремонтів, а також сформовано графік їх виконання. Розглянуто питання транспортування та встановлення преса із використанням автотранспортувальної техніки.

Ключові слова: шнековий прес, шквара, монтаж, експлуатація, ремонт.

					КРБ 171.00.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Анотація		
Розроб.		Мізинчук Ю.М.					
Перевір.		Деркач А.В.					
Н. контр.		Кравець О.І.					
Затверд.		Пилипець О.М.			ФМТ, каф. ОХ, ст. гр. МО-41		

Abstract

Qualification Thesis: “Development of Measures for the Installation, Operation, and Maintenance of the E8-FOB Crackling Press”

Author: Yurii Mykhailovych Mizynchuk

This qualification thesis is devoted to the development of a set of technical and organizational measures aimed at ensuring the efficient operation of the E8-FOB screw crackling press, which is used in the meat-processing industry for separating the fat fraction from raw material processing by-products.

The purpose of the study is to improve the reliability and operational efficiency of the E8-FOB press through the enhancement of installation procedures, operating practices, and the maintenance and repair system.

During the course of the work, the design and operating principle of the press were analyzed, and its operating conditions as well as the main causes of equipment failures were investigated. Kinematic and structural calculations of the principal assemblies, including the drive system and screw elements, were performed. Recommendations for the proper installation of the equipment under industrial conditions without the use of foundation anchoring were developed.

Special attention was paid to the preventive maintenance system. The structure of the maintenance cycle, labor requirements for servicing and repairs, and the maintenance schedule were determined. Issues related to the transportation and installation of the press using forklift handling equipment were also considered.

Keywords: screw press, cracklings, installation, operation, maintenance.

					КРБ 171.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Abstract	Літ.	Арк.	Архушів
Розроб.		Мізинчук Ю.М.						
Перевір.		Деркач А.В.						
Н. контр.		Кравець О.І.				ФМТ, каф. ОХ, см. гр. МО-41		
Затверд.		Пилипець О.М.						

Зміст

Вступ.....	8
1. Аналіз стану питання та визначення задач кваліфікаційної роботи.....	10
1.1. Характеристика та особливості преса для шквари марки Е8-ФОб.....	10
1.2. Аналіз патентів і літературних джерел	11
1.3. Мета та основні задачі роботи	14
2. Обґрунтування конструкції преса	17
2.1. Технологічні розрахунки преса Е8-ФОб.....	17
2.1.1. Розрахунок диференціальної теплоти набухання шквари.....	17
2.1.2. Витрати допоміжних матеріалів та робочих середовищ	18
2.2. Розробка конструкції преса Е8-ФОб	19
2.2.1. Вибір та аналіз структурної схеми преса Е8-ФОб	19
2.2.2. Розробка кінематичної схеми преса Е8-ФОб	21
2.2.3. Кінематичний розрахунок основних вузлів преса Е8-ФОб, уточнення режимів роботи.....	22
2.2.4. Конструктивні розрахунки преса Е8-ФОб.....	25
2.2.5. Розрахунок затрат потужності на пресування	29
2.2.6. Опис конструкції та принципу дії преса Е8-ФОб	30
2.3. Розрахунок деталей преса на міцність, жорсткість, зносостійкість, вібростійкість	33
3. Технологічні процеси виготовлення, експлуатації та ремонту преса Е8-ФОб	36
3.1. Розробка схеми монтажу преса Е8-ФОб.....	36
3.1.1. Вибір такелажного оснащення та схеми переміщення преса Е8-ФОб.....	36
3.1.2. Розрахунок зміни вантажопідйомності автовантажувача внаслідок зміщення вантажу...38	
3.1.3. Розрахунок тиску на основу	39
3.1.4. Вибір методів вивірки обладнання на основі	40
3.2. Розробка технології ремонту преса Е8-ФОб	41
3.2.1. Характерні причини виходу з ладу преса Е8-ФОб. Розробка графіка ППР преса Е8-ФОб..41	
3.2.2. Розробка технічної документації на проведення ремонту преса марки Е8-ФОб.....44	
3.2.3. Дефектування та сортування деталей преса	46
3.2.4. Аналіз технічних умов кришки	49
3.2.5. Розробка технологічного процесу виготовлення кришки	51

					<i>КРБ 171.00.00.000 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Зміст</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Мізинчук Ю.М.</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Деркач А.В.</i>						
<i>Н. контр.</i>		<i>Кравець О.І.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Пилипець О.М.</i>			<i>ФМТ, каф. ОХ, ст. гр. МО-41</i>			

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	54
4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів під час монтажу, експлуатації та ремонту преса для шквари марки Е8-ФОБ	54
4.2 Вимоги охорони праці під час експлуатації та ремонту преса Е8-ФОБ	57
Загальні висновки	60
Перелік посилань.....	62

Вступ

Актуальність теми

Сучасний етап розвитку машинобудування для харчової та переробної галузі характеризується широким впровадженням продуктивного, енергоефективного та автоматизованого технологічного обладнання. Одним із ключових напрямів удосконалення виробничих ліній є підвищення ефективності процесів механічної обробки та зневоднення сировини, що суттєво впливає на якість кінцевої продукції, рівень енергоспоживання та раціональне використання вторинних ресурсів.

У м'ясопереробній промисловості значну роль відіграють технології переробки жиромісної сировини, зокрема шквари, де основним завданням є ефективне відокремлення жирової фази при мінімальних втратах корисного продукту. Для реалізації таких процесів широко застосовуються шнекові преси, серед яких однією з найпоширеніших моделей є прес Е8-ФОВ. Це обладнання забезпечує безперервний характер роботи, високу продуктивність та достатній ступінь вилучення жиру.

Водночас експлуатація шнекових пресів супроводжується значними механічними навантаженнями, інтенсивним абразивним зношуванням робочих органів, виникненням динамічних коливань, перевантаженням приводних систем та поступовою деградацією технічного стану. У зв'язку з цим особливого значення набувають питання правильного монтажу, дотримання режимів експлуатації, своєчасного технічного обслуговування та ремонту. Порушення встановлених режимів роботи або несвоєчасне виконання ремонтних заходів призводять до зниження продуктивності обладнання, зростання енергетичних витрат, збільшення тривалості простоїв і погіршення якості готової продукції.

					КРБ 171.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вступ	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Мізінчук Ю.М.						
Перевір.		Деркач А.В.						
Н. контр.		Кравець О.І.				ФМТ, каф. ОХ, ст. гр. МО-41		
Затверд.		Пилипець О.М.						

Одним із важливих завдань сучасного машинобудування є підвищення надійності та ремонтопридатності технологічного обладнання, удосконалення підходів до його монтажу й технічного обслуговування, а також зменшення експлуатаційних витрат. У цьому контексті актуальним є розроблення комплексу організаційно-технічних заходів, спрямованих на забезпечення стабільної та безпечної роботи преса Е8-ФОВ у виробничих умовах.

Аналіз сучасних наукових публікацій і технічних рішень показує, що значна увага приділяється вдосконаленню конструкцій пресового обладнання та підвищенню ефективності процесів пресування. Разом із тим питання комплексного забезпечення монтажу, експлуатації та системи планово-попереджувального ремонту залишаються недостатньо опрацьованими, особливо для обладнання, яке працює в умовах підвищених навантажень та інтенсивного абразивного зношування.

Об'єкт та предмет розробки

Об'єктом розробки є прес для шквари марки Е8-ФОВ, який використовується у м'ясопереробній промисловості для віджимання жиру зі шквари після термічного оброблення сировини.

Предметом розробки є комплекс технічних та організаційних рішень щодо монтажу, експлуатації, технічного обслуговування та ремонту преса Е8-ФОВ, а також технологічні та конструктивні заходи, спрямовані на підвищення ефективності й надійності його роботи.

					КРБ 171.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Аналіз стану питання та визначення задач кваліфікаційної роботи

1.1. Характеристика та особливості преса для шквари марки Е8-ФОБ

Об'єктом дослідження у даній дипломній роботі є прес для шквари марки Е8-ФОБ, який застосовується на підприємствах м'ясної та жирової промисловості для вилучення залишкового жиру зі шквари після її термічного оброблення. Обладнання входить до складу технологічних ліній виробництва харчових жирів та забезпечує завершальну стадію механічного відділення жирової фази від твердих залишків.

Прес Е8-ФОБ належить до машин безперервної дії та використовується для оброблення гарячої шквари, яка надходить після процесів витоплювання або варіння сировини. Основне призначення обладнання полягає у створенні значного механічного тиску на продукт з метою максимально можливого видалення жиру та зниження вологості твердої маси. Від якості виконання цієї операції залежать вихід готової продукції, енергетичні витрати та економічна ефективність виробництва.

Конструкція преса включає сукупність взаємопов'язаних вузлів, установлених на жорсткій металевій рамі. До основних складових машини належать приймальний бункер, шнековий робочий орган, перфорована пресувальна камера, привід, редуктор, механізм регулювання ступеня стискання та система вивантаження відпресованої шквари. Узгоджена робота всіх елементів забезпечує безперервне переміщення й ущільнення продукту вздовж робочої зони.

Принцип дії обладнання базується на поступовому стисканні шквари в процесі її транспортування шнеком до вихідної частини преса. Під дією зростаючого тиску рідкий жир проходить крізь отвори зєєрної поверхні та

					КРБ 171.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Мізінчук Ю.М.			1. Аналіз стану питання та визначення задач кваліфікаційної роботи	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Деркач А.В.						
Н. контр.		Кравець О.І.						
Затверд.		Пилипець О.М.				ФМТ, каф. ОХ, ст. гр. МО-41		

відводиться в приймальну систему, тоді як тверді залишки вивантажуються через кінцевий отвір машини. Інтенсивність пресування визначається конструкцією шнека та величиною опору на виході продукту.

Особливістю роботи преса Е8-ФОБ є експлуатація в умовах значних механічних, теплових та вібраційних навантажень. Робочі органи контактують із гарячою жировмісною масою, що спричиняє поступове абразивне та корозійне зношування деталей. Найбільшому навантаженню піддаються витки шнека, елементи пресувальної камери, підшипникові вузли та привідна система.

У процесі тривалої роботи можуть виникати деформації пресувальних елементів, зношування поверхонь шнека, перегрівання підшипників, порушення герметичності ущільнень та підвищення рівня вібрацій. Такі несправності призводять до зменшення продуктивності обладнання, збільшення втрат жиру та погіршення якості готової продукції.

Важливою умовою ефективної роботи преса є правильне виконання монтажу, регулювання та технічного обслуговування. Порушення співвісності валів, неправильне встановлення приводу або недостатнє змащування вузлів можуть викликати додаткові навантаження та прискорене зношування деталей. Саме тому велике значення мають своєчасні профілактичні огляди, контроль технічного стану та виконання планово-попереджувальних ремонтів.

Прес для шквари Е8-ФОБ є важливим елементом технологічного комплексу виробництва топлених жирів і суттєво впливає на ефективність функціонування всієї виробничої лінії. Забезпечення його надійної роботи дозволяє зменшити втрати жирової сировини, підвищити продуктивність підприємства та покращити техніко-економічні показники виробництва.

1.2. Аналіз патентів і літературних джерел

У сучасному харчовому машинобудуванні обладнання для пресування займає важливе місце серед машин, призначених для механічного розділення багатокомпонентних середовищ. Преси широко використовуються у м'ясній, молочній, олійно-жировій та рибопереробній промисловості для видалення рідкої фази із продукту, зменшення його вологості та підвищення концентрації сухих речовин [1]. Особливого поширення набули шнекові преси безперервної дії, які забезпечують стабільний технологічний процес, значну продуктивність та можливість інтеграції у потокові виробничі лінії [2].

У виробництві топлених жирів пресувальне обладнання застосовується для віджимання жиру зі шквари після теплової обробки сировини. Ефективність роботи таких машин безпосередньо впливає на вихід готового продукту, енерговитрати підприємства та економічні показники виробництва [3]. Основною вимогою до пресів є забезпечення максимального ступеня вилучення жиру при мінімальних втратах твердих частинок і стабільній роботі обладнання.

Найбільш поширеними є шнекові преси, принцип роботи яких базується на поступовому ущільненні продукту в процесі його переміщення вздовж робочої камери [4]. У таких машинах сировина захоплюється витками шнека та транспортується у напрямку зони підвищеного тиску. У результаті стискання рідка фаза проходить через отвори перфорованої поверхні, а ущільнений продукт вивантажується через вихідний отвір.

Аналіз існуючих конструкцій показує, що більшість пресів мають подібну структурну схему. До їх основних вузлів належать завантажувальний бункер, шнековий робочий орган, пресувальна камера, привідний механізм, редуктор та система регулювання ступеня пресування [5]. Водночас сучасні конструкції відрізняються геометричними параметрами шнека, формою пресувальної камери, способом створення протитиску та типом приводної системи.

У сучасному обладнанні значна увага приділяється підвищенню продуктивності та довговічності робочих органів. Для цього застосовують змінний крок шнека, спеціальні профілі навивки, зносостійкі матеріали та

поверхневе зміцнення деталей. Дослідження показують, що геометрія шнека суттєво впливає на величину тиску в робочій зоні та ефективність процесу пресування [6].

У конструкціях таких машин застосовуються автоматичні системи регулювання навантаження, механізми контролю тиску та вдосконалені системи змащування, що дозволяє зменшити енерговитрати та підвищити ресурс обладнання [7].

Патентний аналіз свідчить, що основні напрями вдосконалення пресів пов'язані з підвищенням ступеня відділення рідкої фази, зниженням енергоспоживання та покращенням експлуатаційних характеристик обладнання [8]. Значна кількість технічних рішень спрямована на удосконалення конструкції шнеків, пресувальних камер і механізмів регулювання вихідного тиску.

Окремі патентні розробки стосуються використання змінного кроку шнека, що забезпечує більш плавне наростання тиску та рівномірне ущільнення продукту [9]. Також застосовуються конструкції з регульованими вихідними отворами, які дозволяють змінювати ступінь пресування залежно від властивостей сировини та режиму роботи машини.

Важливою проблемою при експлуатації пресувального обладнання є інтенсивне зношування робочих поверхонь. Це пов'язано з абразивною дією твердих частинок, високими навантаженнями та температурним впливом [10]. Найбільшому зношуванню піддаються витки шнека, елементи пресувальної камери, підшипникові вузли та ущільнення.

Літературний огляд показує, що ефективність роботи пресів значною мірою залежить не лише від конструкції обладнання, а й від правильності монтажу, дотримання режимів експлуатації та якості технічного обслуговування [11]. Порушення співвісності валів, недостатнє змащування або перевантаження приводу можуть спричинити підвищені вібрації, перегрівання вузлів та передчасний вихід обладнання з ладу.

Значна кількість наукових праць присвячена дослідженню процесів ущільнення та руху продукту в шнекових пресах. Встановлено, що на продуктивність обладнання впливають швидкість обертання шнека, геометрія витків, температура продукту та фізико-механічні властивості сировини [6]. Разом із тим питання підвищення ремонтпридатності та довговічності обладнання залишаються недостатньо дослідженими.

Аналіз науково-технічної літератури та патентних матеріалів показує, що існуючі конструкції пресів мають низку недоліків, серед яких значне зношування робочих органів, нерівномірність навантаження, складність технічного обслуговування та підвищені витрати на ремонт. Це підтверджує актуальність удосконалення преса для шквари марки Е8-ФОВ та необхідність розроблення ефективних заходів щодо його монтажу, експлуатації й ремонту.

1.3. Мета та основні задачі роботи

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності, надійності та довговічності роботи преса для шквари марки Е8-ФОВ шляхом розроблення та обґрунтування комплексу заходів щодо його монтажу, раціональної експлуатації та системи технічного обслуговування і ремонту.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі задачі:

- проаналізувати сучасні конструкції пресувального обладнання, що застосовується у м'ясожировій промисловості;
- дослідити конструкцію, принцип роботи та особливості експлуатації преса для шквари Е8-ФОВ;
- виявити характерні несправності та причини їх виникнення;
- розробити раціональні заходи щодо монтажу та налагодження преса;
- обґрунтувати оптимальні режими експлуатації обладнання;
- розробити систему технічного обслуговування та планово-попереджувальних ремонтів;

- сформулювати рекомендації щодо підвищення надійності та зниження експлуатаційних витрат.

2. Обґрунтування конструкції преса

2.1. Технологічні розрахунки преса Е8-ФОВ

2.1.1. Розрахунок диференціальної теплоти набухання шквари

Для ефективного вилучення жирової фракції зі шкварної маси важливо підтримувати оптимальний рівень її вологості. Якщо вміст води є недостатнім, це погіршує якість процесу відтискання та може спричинити потемніння отриманого жиру. Надмірна кількість води, навпаки, призводить до зростання енергоспоживання під час пресування, оскільки в таких умовах утворюється більша кількість в'язких, клейких компонентів.

У разі введення води у шквару відбуваються теплові ефекти, пов'язані з її набуханням. Диференціальну теплоту цього процесу можна визначити за відповідною розрахунковою залежністю:

$$q = \frac{85,5}{(0,7 + u)^2} \text{ Дж/г,}$$

де u – вологість продукту на 1 г. сухої речовини, г.

Відповідно до джерела [4], раціональний вміст води у шкварі становить близько 6 %, тоді як мінімально допустиме значення дорівнює 2 %. У випадку підвищення вологості 800 кг шкварної маси з початкового рівня 2 % до 6 % кількість доданої води, що припадає на 1 г сухої речовини, складе приблизно 0,04 г.

Підставивши вихідні параметри у розрахункову залежність, отримуємо:

$$q = \frac{85,5}{(0,7 + u)^2} = \frac{85,5}{(0,7 + 0,04)^2} = 1,58 \text{ Дж/г.}$$

					КРБ 171.00.00.000 ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Мізінчук Ю.М.			2. Обґрунтування конструкції преса				Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Деркач А.В.										
Н. контр.		Кравець О.І.							ФМТ, каф. ОХ, ст. гр. МО-41			
Затверд.		Пилипець О.М.										

2.1.2. Витрати допоміжних матеріалів та робочих середовищ

Норми внесення прянощів і допоміжних компонентів у виробництві різних видів консервованої продукції відрізняються та регламентуються чинними рецептурами, наведеними у відповідних стандартах ГОСТ.

Орієнтовні значення витрат спецій та допоміжної сировини подано в таблиці 1 розділу 1.2.

З метою запобігання підвищенню температури м'ясного фаршу під час кутерування технологічно передбачають введення подрібненого льоду або снігу. У зв'язку з цим необхідно визначити кількість льодяної добавки, що забезпечує стабільність температурного режиму процесу подрібнення.

Потенційне тепловиділення фаршу при подрібненні без використання охолоджувальних добавок визначається за залежністю:

$$\Delta t = 0,86\eta \cdot q \cdot c^{-1}$$

де η – частка витрати енергії на тертя, $\eta = 90\%$;

q – питомі затрати енергії, кВт·год/т, $q = 8 \dots 11$ кВт·год/т;

c – теплоємність фаршу $c = 0,86$ ккал/(кг·град).

Отримаємо:

$$\Delta t = 0,86\eta \cdot q \cdot c^{-1} = 0,86 \cdot 0,9 \cdot 10 \cdot 0,86^{-1} = 9^{\circ}C$$

Витрата льоду на зменшення різниці температур Δt , при допустимому значенні нагріву Δt_0 :

$$\Delta q = c \cdot (\Delta t - \Delta t_0) \cdot r^{-1}$$

де c – теплоємність фаршу, $c = 0,86$ ккал/кг·град;

r – теплота плавлення льоду, $r = 80$ ккал/кг;

Δt_0 – допустима температура нагрівання фаршу, $\Delta t_0 = 2^{\circ}C$.

Затрати льоду:

$$\Delta q = c \cdot (\Delta t - \Delta t_0) \cdot r^{-1} = 0,86 \cdot (9 - 2) \cdot 80^{-1} = 0,075 \text{ кг} / \text{кг}$$

При продуктивності 515 кг/год необхідна кількість льоду на одну годину складає:

$$Q_{\text{год}} = \Delta q \cdot Q = 0,075 \cdot 515 = 38,6 \text{ кг/год}.$$

2.2. Розробка конструкції преса Е8-ФОБ

2.2.1. Вибір та аналіз структурної схеми преса Е8-ФОБ

Прес Е8-ФОБ використовується для механічного відокремлення жирової фракції з м'ясної шквари.

Проектування та аналіз будь-якого технологічного обладнання починають із визначення його структурної побудови, яка зазвичай подається у вигляді структурної схеми. При її формуванні умовні позначення елементів та напрямки передавання руху наносять послідовно, починаючи від привідного електродвигуна і завершуючи виконавчими або робочими органами машини.

Особливістю конструктивного виконання даного преса є застосування двох допоміжних підпресувальних шнеків, що дозволяє зменшити навантаження на основний робочий шнек та запобігає його перевантаженню або «запресовуванню» продукту.

Підготовлена шкварна маса подається до преса через дозувальний вузол, який приводиться в рух електродвигуном із передачею крутного моменту через клинопасовий, черв'ячний та ланцюговий механізми.

Перший підпресувальний шнек отримує обертання від того ж електродвигуна за допомогою ланцюгової передачі та працює з кутовою швидкістю близько 3,7 рад/с.

Другий підпресувальний шнек має окремий привід потужністю 2 кВт і приводиться через черв'ячний редуктор, забезпечуючи частоту обертання приблизно 24,7 рад/с.

Основний пресувальний шнек приводиться в дію електродвигуном потужністю 30 кВт через систему шевронних зубчастих коліс і може працювати в двох режимах обертання — 6,2 та 1,0 рад/с. Окрім того, від цього ж приводу здійснюється обертання шнека для видалення шквари з робочої зони зі швидкістю 6,88 рад/с.

Регулювання тиску пресування виконується шляхом зміни зазору вихідної щілини за допомогою конічного регулювального елемента, який переміщується окремим електроприводом потужністю 0,8 кВт із кутовою швидкістю 1,82 рад/с.

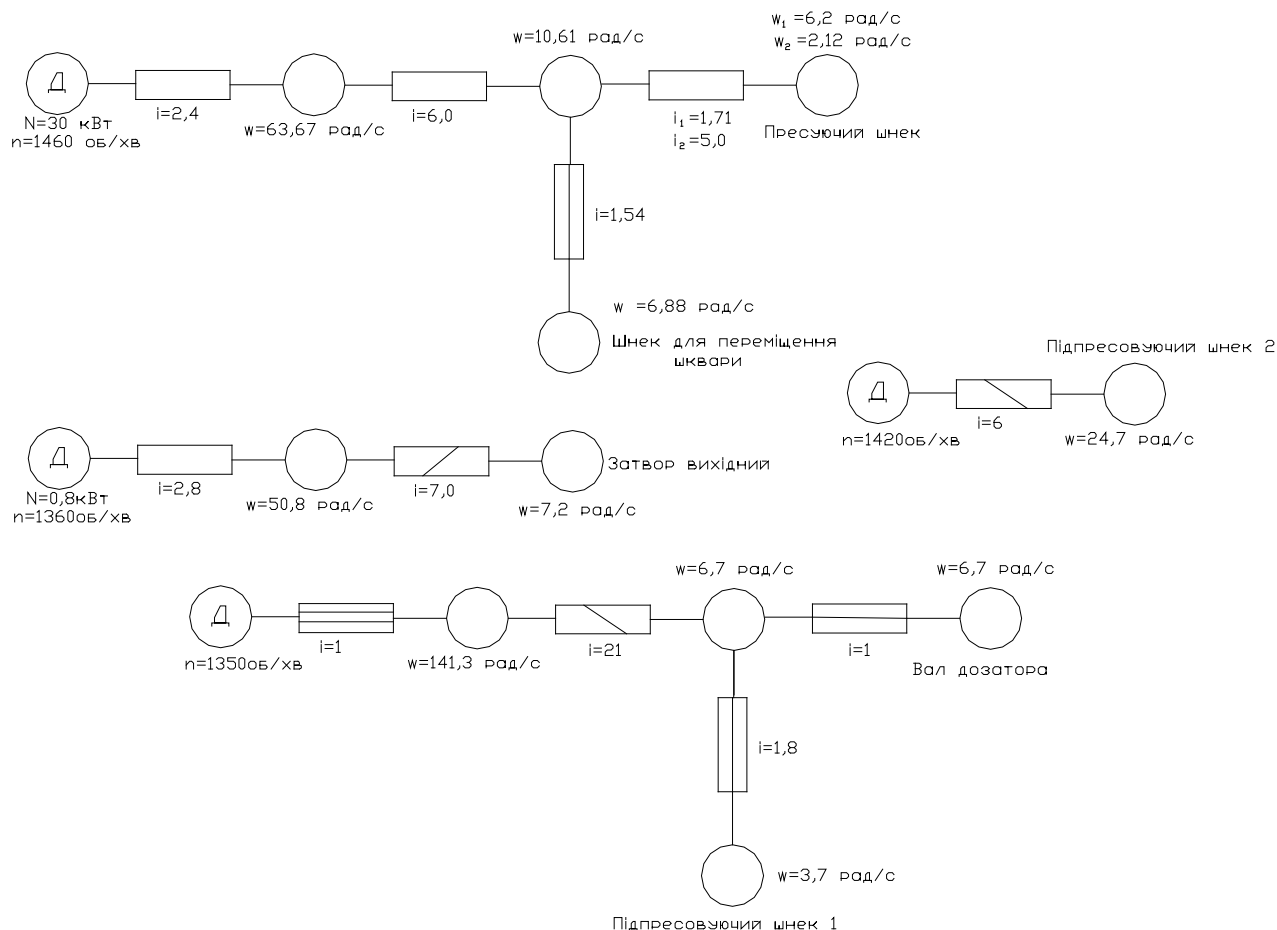


Рисунок 2.1. Структурна схема преса Е8-ФОб

2.2.2. Розробка кінематичної схеми преса Е8-ФОБ

Кінематична схема є графічним поданням (у площинному або просторовому вигляді) взаємозв'язків між усіма механізмами та кінематичними ланками машини. Вона дозволяє наочно відобразити послідовність передачі руху, розподіл потоків енергії, а також характер з'єднання окремих елементів обладнання. При її побудові всі вузли та ланки умовно зображують стандартними графічними позначеннями або спрощеними контурами відповідних деталей.

Розроблення кінематичної схеми виконується на етапі проєктування нових машин або під час модернізації існуючих конструкцій. Така схема є базовим вихідним матеріалом для подальших кінематичних і силових розрахунків.

На рисунку 2.2. наведено кінематичну схему преса Е8-ФОБ. Відповідно до неї, перший підпресувальний шнек отримує рух від того самого електродвигуна, що й дозувальний вузол, через ланцюгову передачу та працює з кутовою швидкістю близько 3,7 рад/с.

Другий підпресувальний шнек має індивідуальний привід потужністю 2 кВт і приводиться через черв'ячний редуктор, забезпечуючи частоту обертання приблизно 24,7 рад/с.

Основний пресувальний шнек приводиться в дію електродвигуном потужністю 30 кВт через систему шевронних зубчастих коліс і може працювати з двома значеннями кутової швидкості — 6,2 та 1,0 рад/с. Крім того, від цього ж приводу здійснюється обертання шнека для транспортування шквари зі швидкістю 6,88 рад/с.

Регулювання тиску пресування реалізується шляхом зміни зазору вихідної щілини за допомогою конічного регулювального елемента, який переміщується окремим електроприводом потужністю 0,8 кВт із кутовою швидкістю 1,82 рад/с.

Подача сировини в робочу зону здійснюється дозувальним пристроєм, що приводиться в рух електродвигуном через систему клинопасової, черв'ячної та ланцюгової передач, забезпечуючи стабільне та рівномірне завантаження преса.

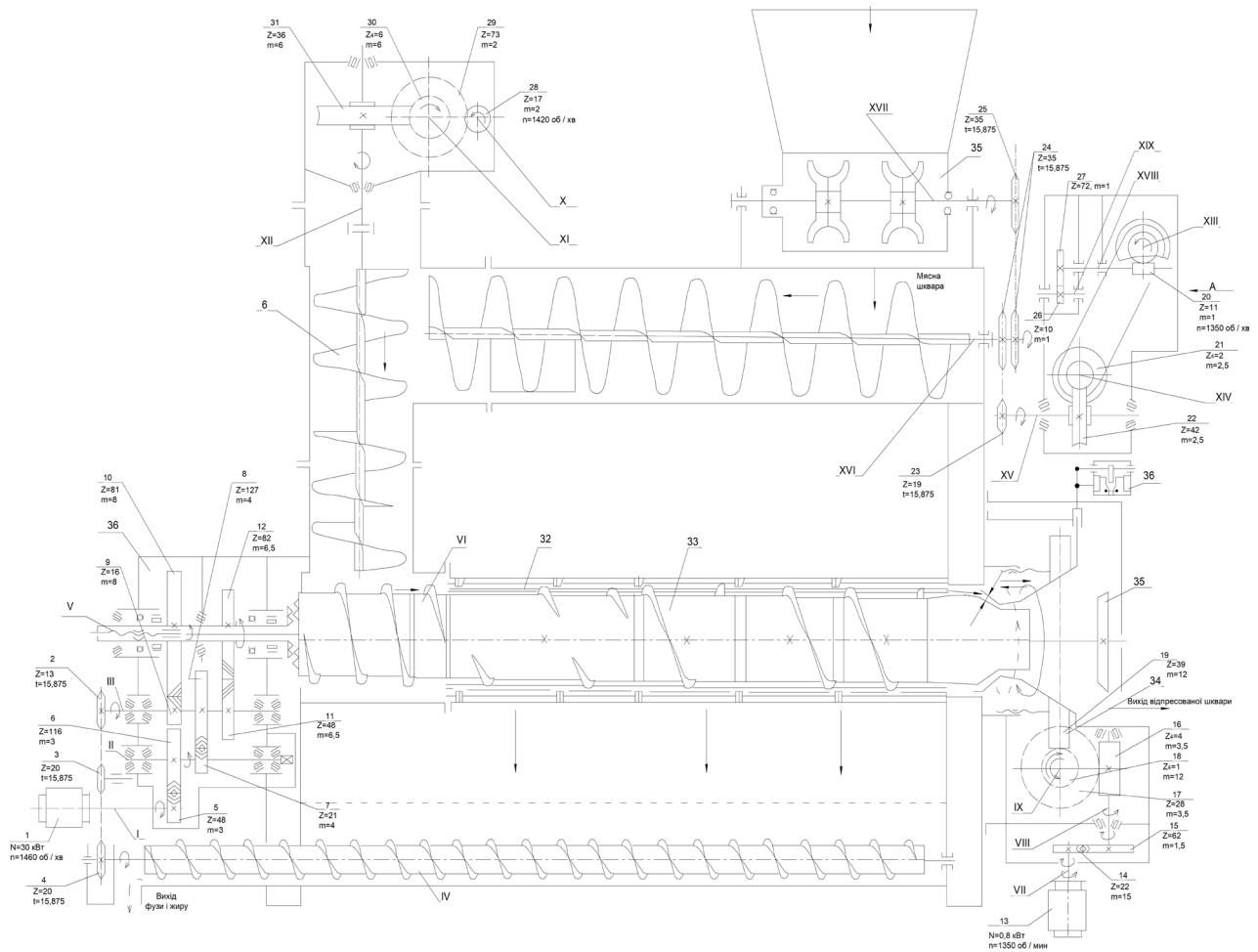


Рисунок 2.2. Кінематична схема преса Е8-ФОБ

2.2.3. Кінематичний розрахунок основних вузлів преса Е8-ФОБ, уточнення режимів роботи.

Виконаємо визначення передаточних чисел приводних передач та частот обертання валів преса.

Пресувальний і підпресувальні шнеки мають окремі приводи, що відрізняються потужністю електродвигунів та параметрами обертання. У

зв'язку з цим необхідно провести розрахунок передаточних відношень і встановити частоти обертання відповідних робочих органів.

Спочатку визначимо передаточне відношення першого ступеня циліндричного редуктора приводу основного пресувального шнека:

$$i_{u1}=z_2/z_1=116/48=2,4$$

де z_1 – к-ть зубів шестерні першої ступені;

z_2 – к-ть зубів зубчастого колеса першої ступені.

Визначимо передаточне число другої ступені редуктора:

$$i_{u2}=z_4/z_3=127/21=6$$

де z_3 – к-ть зубів шестерні другої ступені;

z_4 – к-ть зубів зубчастого колеса другої ступені.

Визначимо передаточне відношення третьої ступені редуктора:

$$i_{u31}=z_{61}/z_{51}=82/48=1,71$$

$$i_{u32}=z_{62}/z_{52}=81/16=5,0$$

де z_5 – к-ть зубів шестерні третьої ступені;

z_6 – к-ть зубів зубчастого колеса третьої ступені.

Визначимо число обертів валу пресуючого шнека:

$$w_{11}=w_{\partial}/i_{u1}\cdot i_{u2}\cdot i_{u31}=152,8/2,4\cdot 6,0\cdot 1,71=6,2\text{рад/с.}$$

$$w_{12}=w_{\partial}/i_{u1}\cdot i_{u2}\cdot i_{u32}=152,8/2,4\cdot 6,0\cdot 5,0=2,12\text{рад/с.}$$

Таким чином отримаємо передаточне число ланцюгової:

$$i_{\lambda}=z_8/z_9=20/13=1,54$$

де z_9 – к-ть зубів ведучої зірочки;

z_8 – к-ть зубів веденої зірочки.

Отримаємо число обертів валу підбираючого шнека преса:

$$\omega_2 = \omega_d / i_{q1} \cdot i_{q2} \cdot i_{л} = 152,8 / 2,4 \cdot 6,0 \cdot 1,54 = 6,88 \text{ рад/с}$$

Отримаємо передаточне відношення пасової передачі приводу першого підпресовуючого шнека преса:

$$i_n = d_1 \cdot \square / d_2 = 240 / 240 = 1.$$

Тепер визначимо передаточне відношення нашої черв'ячної передачі приводу першого підпресовуючого шнека:

$$i_{q1} = z_{10} / z_{11} = 42 / 2 = 21.$$

При цьому передаточне число ланцюгової передачі приводу першого підпресовуючого шнека буде:

$$I_{л2} = z_{12} / z_{13} = 35 / 12 = 1,8.$$

За таких умов число обертів валу першого підпресовуючого шнека:

$$\omega_3 = \omega_d / i_n \cdot i_{q1} \cdot i_{л2} = 141,3 / 1 \cdot 21 \cdot 1,8 = 3,7 \text{ рад/с}.$$

Визначимо передаточне число ланцюгової передачі приводу дозатора:

$$i_{л3} = z_{12} / z_{13} = 35 / 35 = 1$$

Число обертів валу дозатора, що приводиться в рух тим же двигуном:

$$\omega_4 = \omega_d / i_n \cdot i_{q1} \cdot i_{л2} = 141,3 / 1 \cdot 21 \cdot 1 = 6,7 \text{ рад/с}.$$

Визначимо передаточне відношення черв'ячної передачі приводу другого підпресовуючого шнека:

$$i_{q2} = z_{14} / z_{15} = 36 / 6 = 6.$$

Число обертів валу другого підпресовуючого шнека буде:

$$\omega_5 = \omega_d / i_{q2} = 148,2 / 6 = 24,7 \text{ рад/с}.$$

Далі визначимо передаточне число першої ступені циліндричного редуктора затвора преса:

$$i_{u5} = z_{16}/z_{17} = 62/22 = 2,8.$$

Також визначимо передаточне відношення червячної передачі приводу затвора преса:

$$i_{u3} = z_{18}/z_{19} = 28/4 = 7.$$

Кількість обертів валу затвора становить:

$$W_5 = w_d / i_{u5} \cdot i_{u3} = 142,3 / 2,8 \cdot 7 = 7,2 \text{ рад/с}.$$

2.2.4. Конструктивні розрахунки преса Е8-ФОБ

Виконаємо конструктивний розрахунок пресувального шнека за заданими вихідними параметрами:

- максимальний робочий тиск, $P_{\max} = 650 \text{ кПа}$;
- число витків шнека, $Z = 6$;
- крок гвинтової навивки, $H = 0,15 \text{ м}$;
- коефіцієнт внутрішнього тертя продукту, $f = 0,2$.

На основі наведених характеристик визначають основні геометричні та силові параметри шнека, що забезпечують необхідний ступінь ущільнення продукту та стабільну роботу пресувального механізму. Розрахунок дозволяє оцінити навантаження, які виникають у процесі пресування, а також обґрунтувати конструктивні розміри робочого органа.

$$H := 0.144 \text{ (м)} \quad Z := 6 \quad f := 0.2 \quad P_{\max} := 650000 \text{ (Па)}$$

Зовнішній діаметр шнека приймаєм у $\theta := 0.8$ разів меншим від кроку:

$$D := \frac{H}{\theta} \quad D = 0.18 \quad (\text{м})$$

Граничний діаметр вала шнека

$$d_1 := \left(\frac{H}{\pi} \right) \cdot f \quad d_1 = 9.167 \times 10^{-3} \text{ (м)}$$

З конструктивних міркувань приймаємо значення діаметра вала шнека:

$$d := 0.094 \text{ (м)}$$

Кут підйому гвинтових ліній на зовнішньому боці шнека і біля вала:

$$\alpha_D := \operatorname{atan}\left(\frac{H}{\pi \cdot D}\right) \quad \alpha_D = 0.249 \text{ (рад)} \quad \alpha_D \cdot \frac{180}{\pi} = 14.287$$

$$\alpha_d := \operatorname{atan}\left(\frac{H}{\pi \cdot d}\right) \quad \alpha_d = 0.454 \text{ (рад)} \quad \alpha_d \cdot \frac{180}{\pi} = 25.995$$

Середнє значення кута підйому гвинтових ліній шнека

$$\alpha_{\text{ср}} := 0.5 \cdot (\alpha_D + \alpha_d) \quad \alpha_{\text{ср}} = 0.352 \text{ (рад)} \quad \alpha_{\text{ср}} \cdot \frac{180}{\pi} = 20.141$$

Крутний момент на валу шнека і осьове зусилля

$$M_{\text{кр}} := 0.131 \cdot Z \cdot P_{\max} \cdot (D^3 - d^3) \cdot \tan(\alpha_{\text{ср}}) \quad M_{\text{кр}} = 937.142 \text{ (Н*м)}$$

Нормальне та дотичне напруження вала відповідно будуть рівними:

$$\sigma := \frac{4 \cdot S}{(\pi \cdot d^2)} \quad \sigma = 5.191 \times 10^6 \text{ (Па)}$$

$$\tau := \frac{16 \cdot M_{\text{кр}}}{\pi \cdot d^3} \quad \tau = 5.746 \times 10^6 \text{ (Па)}$$

Еквівалентне напруження за теорією найбільших дотичних напружень:

$$\sigma_{\text{ек}} := \sqrt{\sigma^2 + 4 \cdot \tau^2} \quad \sigma_{\text{ек}} = 1.261 \times 10^7 \text{ (Па)}$$

Виконаємо проектний розрахунок ланцюгової передачі приводу даного підпресовуючого шнека. Відомими наступні параметри:

Потужність електродвигуна підпресовуючого шнека становит $P_1 = 0.2 \text{ кВт}$;

Потужність, яка спожується на валу веденої зірочки:

$$P_1 = P_{\text{дв}} \cdot i_n \cdot i_{\text{ш}} \cdot i_{\text{ш2}} \cdot \eta = 0,2 \cdot 1 \cdot 21 \cdot 1,8 \cdot 0,75 = 5.76 \text{ кВт},$$

де i - передаточні число кінематичного ланцюга від елдвигуна до ведучої зірочки;

Кутова швидкість руху ведучої зірочки становить $\omega_1 = 6.72 \text{ с}^{-1}$.

Передаточне відношення становить $u = 1.8$.

На валі ведучої зірочки обертовий момент становить:

$$T_1 = \frac{P_1 \cdot 1000}{\omega_1} \quad T_1 = 857 \text{ Нм}.$$

Якщо відомо, що крок ланцюга не буде перевищувати значення у 19.05 мм, то для швидкості $\omega_1 = 6,72(\text{рад}/\text{с})$ слід обрати кількість зубців ведучої зірочки $z_1 = 19$. Тоді кількість зубців веденої зірочки становитиме $z_2' = u \cdot z_1 \quad z_2' = 34,5$.

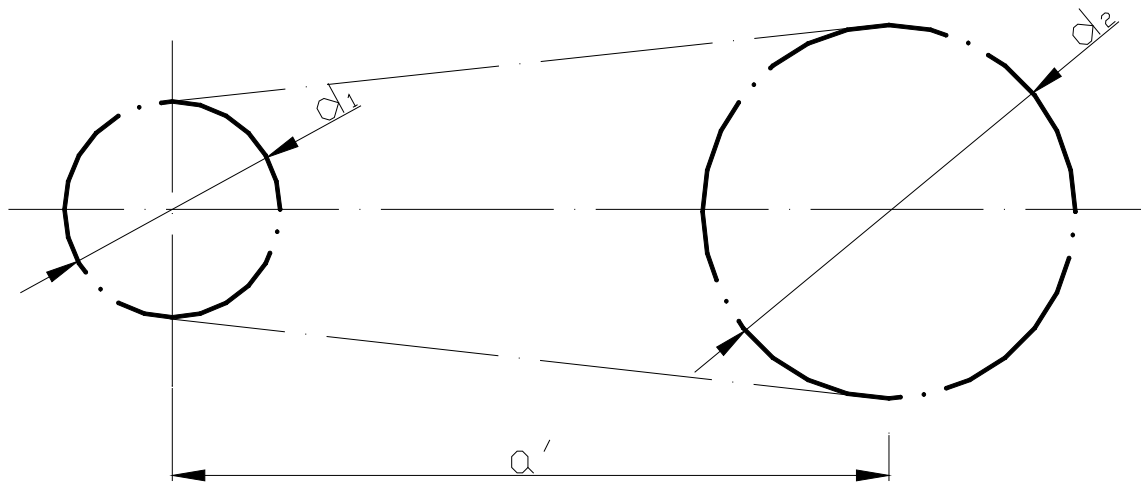


Рисунок 2.3. Схема ланцюгової передачі

Приймемо $z_2 = 35$

Визначимо орієнтовне значення кроку ланцюга:

$$P' = 13 \cdot \sqrt[3]{\frac{T_1}{z_1}} \quad P' = 39,9 \text{ мм}.$$

До розрахунку обираємо роликовий ланцюг типу ПР-19.05-318, для котрого: крок $P = 40,05$ мм; площа опорної поверхні шарніру $A_{оп} = 106$ мм²; максимальне навантаження $F_{PH} = 31,8$ кН; маса 1 метра ланцюга становить $q = 1,9$ кг/м.

Швидкість руху ланцюга:

$$v = \frac{P \cdot 10^{-3} \cdot \omega_1 \cdot z_1}{2 \cdot \pi} \quad v = 0,012 \text{ м/с.}$$

Визначимо орієнтовне значення міжосьової відстані передачі:

$$a' = 40 \cdot P \quad a' = 762 \text{ мм.}$$

Число ланок ланцюга:

$$W' = 2 \cdot \frac{a'}{P} + 0,5 \cdot (z_1 + z_2) + \frac{P}{a'} \cdot \frac{(z_2 - z_1)^2}{(2 \cdot \pi)^2} \quad W' = 104,091$$

Приймемо: $W = 104$

Визначимо розрахункове значення міжосьової відстані:

$$a_0 = \frac{P}{4} \left[W - 0,5 \cdot (z_1 - z_2) + \sqrt{[W - 0,5 \cdot (z_1 + z_2)]^2 - 8 \cdot \frac{(z_2 - z_1)^2}{(2 \cdot \pi)^2}} \right]$$

$$a_0 = 761,3 \text{ мм.}$$

Міжосьова відстань із умовою забезпеченням провисання веденої вітки передачі:

$$a = a_0 - 0,003 \cdot a_0 \quad a = 758,847 \text{ мм.}$$

Визначимо ділильні діаметри зірочок передачі:

$$d_1 = \frac{P}{\sin\left(\frac{\pi}{z_1}\right)} \quad d_1 = 190682 \text{ мм.}$$

$$d_2 = \frac{P}{\sin\left(\frac{\pi}{z_2}\right)} \quad d_1 = 351,256 \text{ мм.}$$

Визначимо номінальне корисне навантаження ланцюга передачі:

$$F_t = 2 \frac{T_1 \cdot 1000}{d_1} \quad F_t = 1.207 \times 10^3 \text{ Н.}$$

Визначимо максимальне навантаження ланцюга передачі при пуску передачі:

$$F_{t \max} = K_n \cdot f_t \quad F_{t \max} = 2.656 \times 10^3 \text{ Н.}$$

Максимальне зусилля, що діє на вали даної передачі:

$$R_{\max} = 1.15 \cdot F_{t \max} \quad R_{\max} = 3.054 \times 10^3 \text{ Н.}$$

2.2.5. Розрахунок затрат потужності на пресування

Визначимо потужність двигуна для шнекового преса:

$$N = 1000^{-1} (1 + \varphi_0) \alpha' Q' \eta_a \eta^{-1} \text{ кВт,}$$

де α' - питомі затрати енергії, Дж/кг;

Q' - продуктивність, кг/с;

$\varphi_0 = 3 \dots 5$ - коеф. затрат енергії на тертя;

η - к.к.д. передач даного приводу;

η_a - коеф. запасу потужності.

Визначимо питомі затрати енергії:

$$\alpha' = 0,1 p_c (v_H - v_K),$$

де ν_H -питомий об'єм продукту до пресування, м³/кг;

ν_K -питомий об'єм продукту після процесу пресування, м³/кг.

$$\nu_H = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{728} = 13 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{кг},$$

де ρ - насипна густина шквари.

$$\nu_H = \frac{G_0}{\rho_0} = \frac{0,55}{356} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{кг},$$

де ρ_0 - насипна густина залишку продукту;

G_0 - маса залишку продукту після обробки 1кг шквари.

Тиск p_c визначимо за діаграмою для вологості 10% та жирності 8%.
Встановили, що необхідний тиск становить 650МН/м².

Питомі затрати енергії:

$$\begin{aligned} \alpha' &= 0,1 p_c (\nu_H - \nu_K) = 0,1 \cdot 650 \cdot 10^6 (13 \cdot 10^{-3} - 1,5 \cdot 10^{-3}) = \\ &= 7,4 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м} / \text{кг} \end{aligned}$$

Підставимо отримані дані у формулу для визначення потужності двигуна для шнекового преса:

$$\begin{aligned} N &= 1000^{-1} (1 + \varphi_0) \alpha' Q' \eta_a \eta^{-1} = 1000^{-1} (1 + 4) 7,4 \cdot 10^3 \cdot 0,22 \cdot \\ &\cdot 0,75 \cdot 0,95^{-1} = 28 \text{ кВт}. \end{aligned}$$

2.2.6. Опис конструкції та принципу дії преса Е8-ФОБ

Прес Е8-ФОБ належить до високопродуктивного обладнання безперервної дії, призначеного для механічного вилучення жиру зі шквари після теплової обробки сировини. Продуктивність установки становить

приблизно 800–1000 кг відпресованої шквари за годину, що дозволяє використовувати її у складі поточкових ліній м'ясожирового виробництва. Загальний вигляд машини наведений на аркушах формату А1 графічної частини дипломного проєкту.

Конструкція преса складається з комплексу взаємопов'язаних вузлів, які забезпечують послідовне виконання операцій подавання, ущільнення, пресування та видалення продукту. До основних елементів машини належать барабанний магнітний сепаратор із постійними магнітами, живильник 2 для транспортування шквари до робочої зони, вертикальний підпресовувач 3, зеєрний циліндр 4, головний шнековий вал 5, регулювальний конусний механізм 6 для зміни розміру вихідної щілини, головний редуктор 7 та шнек 8 для видалення відпресованого жиру.

На головному валу 5 встановлено приймальний виток 9 і пресувальні витки 10, які працюють від окремих приводів 11 та 12. Приймальний виток приводиться в рух від приводу 11, тоді як пресувальні елементи, втулки 13 і 14 та сам вал 5 отримують обертання від приводу 12. Така конструктивна схема дозволяє більш рівномірно розподіляти навантаження та забезпечувати стабільний режим пресування.

Зеєрний циліндр 4 виконаний із вертикальною площиною роз'єму та спирається на осі 15, що дає можливість відкривати його половини під час технічного обслуговування або очищення. Величина зазорів між зеєрними планками регулюється за допомогою каліброваних прокладок, що дозволяє змінювати інтенсивність відділення жирової фази. У вертикальній площині циліндра розміщено два діаметрально протилежні ножі 16, зубці яких охоплюють витки шнека та сприяють руйнуванню ущільненої маси.

Для регулювання вихідного отвору використовується конусний механізм 6, який приводиться в дію через черв'ячну шестерню 17. Під час обертання шестерні в різьбі фланця 18 відбувається осьове переміщення конуса, що дозволяє змінювати величину вихідної щілини та, відповідно, тиск

пресування. Для подрібнення та руйнування пресованої черепашки після виходу з робочої камери встановлені ножі 19.

До складу преса також входять допоміжні системи та пристрої, що забезпечують стабільність технологічного процесу. Зокрема, тічка 5 використовується для видалення металевих домішок, а варіатор 6 дозволяє регулювати швидкість обертання шнека живильника та магнітного барабана. Передбачено систему 7 для подавання холодної води, пари або пароводяної суміші у пресувальний вал. Крім того, трубопроводи 8 з форсунками використовуються для зволоження шквари в зоні живильника, а трубопроводи 9 забезпечують подавання гарячої або холодної води у порожнини зєрного циліндра для його нагрівання чи охолодження залежно від режиму роботи.

Кінематична схема преса Е8-ФОВ наведена на аркуші формату А1 графічної частини проєкту.

Принцип роботи установки полягає у безперервному переміщенні та ущільненні підготовленої шквари з одночасним відокремленням жиру. Попередньо зволожена сировина надходить у завантажувальний бункер, після чого дозувальним механізмом подається у зону підпресування. На першому етапі ущільнення здійснюється горизонтальним шнеком, а далі — вертикальним підпресовувачем. Після попереднього ущільнення продукт надходить до основного пресувального шнека, де під дією зростаючого тиску відбувається інтенсивне відділення жиру.

Віджаний жир проходить через зазори зєрного циліндра, тоді як ущільнена шквара виводиться через регульовану конусну щілину. Зміна розміру цієї щілини за допомогою електроприводу дозволяє керувати ступенем пресування та вологістю кінцевого продукту. Жир, який пройшов через зєрний циліндр, збирається та відводиться допоміжним шнеком.

Особливості монтажу, експлуатації та технічного обслуговування преса Е8-ФОВ детально розглянуті у відповідних розділах дипломної роботи.

2.3. Розрахунок деталей преса на міцність, жорсткість, зносостійкість, вібростійкість.

Виконаємо розрахунок на міцність найбільше навантаженої зубчастої передачі преса.

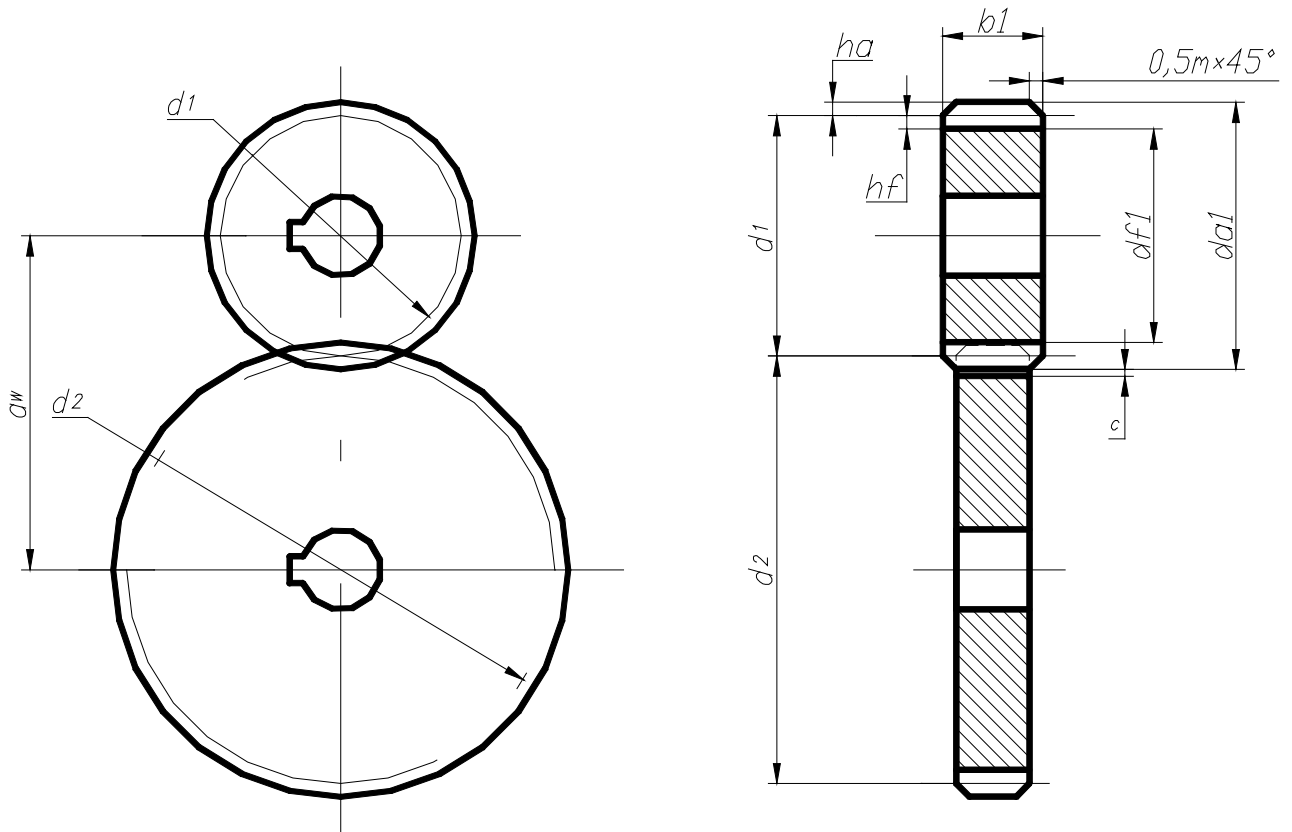


Рисунок 2.4. Схема зубчастої передачі приводу пресуючого шнека преса

Геометричні параметри передачі преса наступні:

модуль зуба передачі $m=6,5$; число зубів шестерні $z_1=48$; передаточне відношення становить $u=1,7$; тип передачі – шевронна.

Визначимо міжосьову віддаль передачі:

$$a_w = \frac{m(z_1 + z_2)}{2 \cos \beta} = \frac{6,5(82 + 48)}{2 \cdot 1} = 244,5 \text{ мм.}$$

Крутний момент на валу зубчастого колеса

$$T = 9,55 \cdot 10^6 \frac{P_d}{n_d} i_{1,2,3} = 9,55 \cdot 10^6 \frac{30}{1460} 2,4 \cdot 6 \cdot 2 \cdot 1,71 =$$

$$= 9,66 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Значення коефіцієнту зовнішнього навантаження K_A :

$$K_A = \frac{\bar{T}}{T} = \frac{T \cdot K_2}{T} = \frac{9,66 \cdot 1,5}{9,66} = 1,5$$

Ділильний діаметр зубчастого колеса передачі:

$$d_2 = m z_2 = m z_1 u = 6,5 \cdot 82 \cdot 1,7 = 906 \text{ мм}$$

Визначимо кутову швидкість руху зуба:

$$v = \frac{\omega_2 R_2}{u} = \omega \frac{d_2}{2u} = \frac{\pi \cdot n \cdot d_2}{2 \cdot 30 \cdot u} = \frac{3,14 \cdot 20,25 \cdot 0,906}{60 \cdot 1,7} = 0,56 \text{ м/с.}$$

З відповідних таблиць беремо значення наступних коефіцієнтів $K_{H\beta}$, K_{HV} , $K_{H\alpha}$:

$$K_{H\alpha}=1,07; K_{HV}=1,03; \psi_{ba} = 0,3; \psi_{bd_{\max}} = 1,3; K_{H\beta}=1,17$$

Визначимо сумарний коефіцієнт:

$$K_{H\Sigma} = K_A K_{H\beta} K_{HV} K_{H\alpha} = 1,5 \cdot 1,17 \cdot 1,03 \cdot 1,07 = 1,93$$

Визначимо коефіцієнт торцевого перекриття для передачі:

$$\varepsilon_\alpha = \left[1,88 - 3,2 \left(\frac{1}{z_1} \pm \frac{1}{z_2} \right) \right] \cdot \cos \beta = \left[1,88 - 3,2 \left(\frac{1}{82} \pm \frac{1}{48} \right) \right] \cdot \cos \beta = 1,79$$

Визначення загальний коеф. навантаження:

$$Z_H = \sqrt{\frac{K_{H\alpha} \cdot \cos^2 \beta}{\varepsilon_\alpha}} = \sqrt{\frac{1,07 \cdot 0,7}{1,79}} = 0,64$$

Визначимо ширину вінця зубчастого колеса:

$$b_W = a_W \cdot \psi_{ba} = 0,244 \cdot 0,3 = 0,07 \text{ м.}$$

Визначимо контактні напруження:

$$\begin{aligned} \sigma_H &= 6,13 \cdot 10^3 Z_H \frac{1}{a_W} \sqrt{\frac{T_{1H}^* (u \pm 1)^3}{b_W u}} K_{H\Sigma} = \\ &= 6,13 \cdot 10^3 \cdot 0,79 \frac{1}{0,244} \sqrt{\frac{9,66 \cdot 10^6 (1,7 \pm 1)^3}{0,07 \cdot 1,7}} \cdot 1,93 = 153 \text{ МПа} \end{aligned}$$

Границя міцності сталі 45 становить:

$$\sigma_{HO} = 2 \cdot HB + 70 = 2 \cdot 300 + 70 = 670 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт запасу становить $S_H = 1,2$.

Базове число циклів становить:

$$N_{HO} = 25 \cdot 10^6.$$

Підставимо:

$$N_{\Sigma} = 60 \cdot n \cdot L_h = 60 \cdot 300 \cdot 8 \cdot 251 \cdot 2 \cdot 8 = 578304000 \text{ циклів}$$

$$N_{HE} = N_{\Sigma} K_{HE} = 578304000 \cdot 0,18 = 104094720 \text{ циклів}$$

Визначимо коефіцієнт довговічності:

$$K_{HL} = \sqrt[6]{\frac{N_{HO}}{N_{HE}}} = \sqrt[6]{\frac{25 \cdot 10^6}{104094720}} = 0,79$$

Прийmemo значення $K_{HL} = 1$

Визначимо значення допустимого напруження:

$$[\sigma_H] = \frac{\sigma_{HO}}{S_H} \cdot K_{HL} = \frac{670}{1,2} = 516 \text{ МПа.}$$

КРБ 171.00.00.000 ПЗ

Таким чином отримане значення є значно більше знайденого напруження.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Мізинчук Ю.М.		
Перевір.		Деркач А.В.		
Н. контр.		Кравець О.І.		
Затверд.		Пилипець О.М.		
3. Технологічні процеси виготовлення, експлуатації та ремонту преса Е8-ФОБ				
Лім. Арк. Аркушів				
ФМТ, каф. ОХ, ст. гр. МО-41				

3. Технологічні процеси виготовлення, експлуатації та ремонту преса Е8-ФОб

3.1. Розробка схеми монтажу преса Е8-ФОб

3.1.1. Вибір такелажного оснащення та схеми переміщення преса Е8-ФОб

Прес постачається заводом-виробником у транспортному ящику, що забезпечує захист обладнання під час перевезення та зберігання. Перед встановленням обладнання виробниче приміщення повинно відповідати ряду технічних і експлуатаційних вимог.

Для забезпечення зручності обслуговування та виконання поточних ремонтних робіт між корпусом преса і стінами приміщення необхідно передбачити прохід шириною не менше 0,8 м. Покриття підлоги повинно бути вологостійким і витримувати дію виробничих навантажень. У приміщенні мають бути наявні силовий електричний ввід, контур захисного заземлення, а також підведені системи водопостачання і водовідведення, необхідні для нормальної експлуатації обладнання.

Монтаж преса виконують із контролем горизонтальності за рівнем верхньої площини корпусу. Через відносно невелику масу обладнання його встановлюють без використання фундаментних болтів, безпосередньо на підлогу виробничого приміщення. Станину машини обов'язково приєднують до існуючого контуру заземлення відповідно до чинних вимог електробезпеки.

Після завершення монтажних робіт прес Е8-ФОб підключають до електромережі згідно з вимогами Правил улаштування електроустановок (ПУЕ), зокрема глав 1.3 та 1.7. Обладнання призначене для роботи від трифазної мережі напругою 380/220 В.

Монтажна схема преса наведена на аркуші формату А1 графічної частини дипломного проєкту.

Оскільки виробничий цех обладнаний транспортними проїздами достатньої ширини, доставлення преса до місця встановлення може здійснюватися автотранспортом із вантажопідіймальною стрілою. Машина монтується на першому поверсі виробничої будівлі, що значно спрощує транспортування та встановлення.

Для виконання монтажних операцій обираємо автотранспорт моделі 1008 вантажопідійомністю 2000 кг, що забезпечує необхідний запас за вантажністю при масі преса 990 кг.

Технічні характеристики автотранспорту моделі 1008:

- вантажопідійомність — 2000 кг;
- максимальна висота підйому вил — 7500 мм;
- швидкість піднімання вантажу — 6,5 м/хв;
- вантажозахоплювальні пристрої — вила та стріла;
- габаритні розміри:
- довжина — 8450 мм;
- ширина — 2700 мм;
- висота при опущеному підйомнику — 2200 мм;
- база машини — 5800 мм;

колія:

- передніх коліс — 1740 мм;
- задніх коліс — 1620 мм;
- дорожній просвіт — 240 мм;
- мінімальний радіус повороту — 3700 мм;
- транспортна швидкість — до 36 км/год;
- власна маса — 13200 кг.

У зв'язку з порівняно невеликою масою преса його встановлення не потребує спеціального фундаменту чи масивної опорної конструкції. На

рисунку 4.1 наведено схему монтажу преса Е8-ФОБ із використанням автонавантажувача 1008, оснащеного стріловим вантажопідіймальним пристроєм.

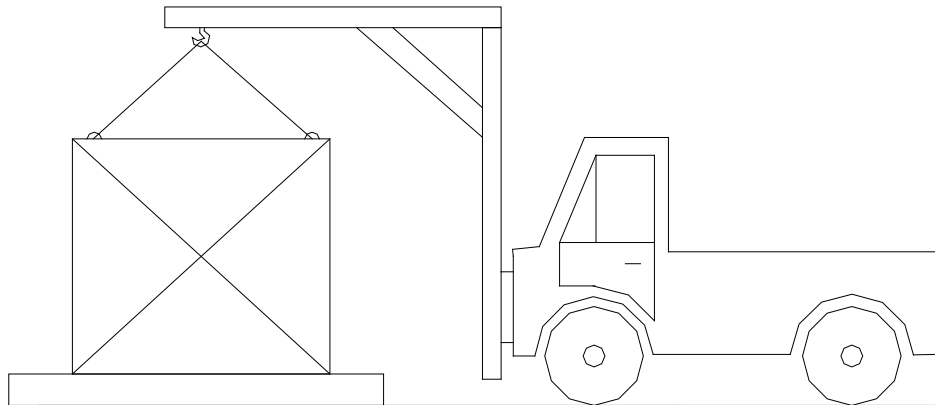


Рисунок 3.1. Схема монтажу преса марки Е8-ФОБ

3.1.2. Розрахунок зміни вантажопідйомності автонавантажувача внаслідок зміщення вантажу

Даний розрахунок виконують для оцінювання зміни фактичної вантажопідйомності автонавантажувача залежно від положення центра мас вантажу відносно вилкового захоплювача. Недостатній запас стійкості під час транспортування обладнання може спричинити втрату рівноваги машини та її перекидання, особливо при гальмуванні, поворотах або нерівномірному русі.

Розрахункова схема автонавантажувача наведена на рисунку 3.1 підрозділу 3.1.1.

Необхідно визначити зміну допустимої вантажопідйомності відносно номінального значення 50 кН для автонавантажувача моделі 1045Л у випадках зміни відстані від центра ваги вантажу до спинки вил. У першому випадку ця відстань збільшується у три рази порівняно з паспортним значенням 0,5 м, а у другому — зменшується вдвічі.

Розрахункові значення становлять:

$$a_1 = 500 \cdot 3 = 1500 \text{ мм};$$

$$a_2 = 500 / 2 = 250 \text{ мм}.$$

Тоді допустима вантажопідйомність у першому випадку становитиме:

$$G_1 = 60 / (1,3 \cdot (1,5 + 0,6)) = 21,9 \text{ кН};$$

$$G_2 = 60 / (1,3 \cdot (0,25 + 0,6)) = 54,29 \text{ кН}.$$

Отримані результати свідчать, що при значному віддаленні центра ваги вантажу від вертикальної рами фактична вантажопідйомність зменшується до 36 % від номінальної. При наближенні вантажу до рами цей показник досягає приблизно 90 % від паспортного значення та не перевищує допустимого рівня.

Таким чином, для забезпечення безпечної експлуатації автонавантажувача під час монтажних робіт вантаж необхідно розміщувати максимально близько до вертикальної рами машини, що дозволяє підвищити її стійкість і зменшити ризик перекидання.

3.1.3. Розрахунок тиску на основу

Оскільки конструкцією преса не передбачено анкерне кріплення за допомогою фундаментних болтів, його встановлення може здійснюватися безпосередньо на підлогу виробничого приміщення або на підготовлену опорну основу.

У цьому випадку необхідно визначити питоме навантаження, яке передається від обладнання на основу, за розрахунковою залежністю:

$$P = \frac{G_m}{\alpha \cdot \sum f} \leq R_n$$

де G_m – маса даної машини, кН;

α – коеф. зменшення $\alpha = 0,7 \dots 0,9$;

f – площа опори машини, м²;

R_n – нормативне значення тиску на ґрунт, становить для глинистого чорнозему 200 кПа.

Площа опори становить:

$$f = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,18^2}{4} = 0,025 \text{ м}^2.$$

Підставимо отримані значення:

$$P = \frac{G_m}{\alpha \cdot \sum f} = \frac{9,5}{0,9 \cdot 4 \cdot 0,025} = 105 < R_n = 200 \text{ кПа}.$$

Таким чином, розрахункові результати підтверджують, що опорна основа здатна сприймати навантаження від маси обладнання без втрати несучої здатності. Це означає, що виконання окремого фундаменту під машину є недоцільним.

Необхідне положення та стабільність установки забезпечуються за рахунок безвивірочного монтажу із застосуванням жорстких бетонних подушок, які компенсують нерівності основи та забезпечують рівномірний розподіл навантаження.

3.1.4. Вибір методів вивірки обладнання на основі

Обладнання встановлюється без жорсткого кріплення до фундаменту або опорних ніжок, тому доцільним є його монтаж на жорстких опорних елементах із застосуванням методу безвивірочного встановлення.

Опорні бетонні подушки формуються безпосередньо на існуючій основі із використанням бетонної суміші відповідно до вимог ГОСТ 7473-85. Виготовлення таких опор, як правило, виконується будівельною організацією за замовленням монтажної служби.

Для підвищення надійності та забезпечення рівномірного розподілу навантаження бетонні подушки обладнуються металевими опорними пластинами. При їх встановленні необхідно дотримуватися технологічних

вимог: відстань від краю металевої пластини до краю бетонної подушки повинна становити не менше 30 мм.

Монтаж та точне позиціонування опорних пластин із забезпеченням заданої геометричної точності виконуються силами монтажною організацією із застосуванням відповідного вимірювального та вирівнювального обладнання.

3.2. Розробка технології ремонту преса Е8-ФОВ

3.2.1. Характерні причини виходу з ладу преса Е8-ФОВ. Розробка графіка ППР преса Е8-ФОВ

На основі проведеного у розділі 3 аналізу принципу роботи основних вузлів обладнання визначено типові причини його відмов та несправностей. Узагальнені результати щодо характерних причин виходу з ладу машини наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 Характерні причини виходу з ладу пресу

Найменування неполадок, зовнішні прояви і додаткові ознаки	Імовірна причина	Способи усунення
При вмиканні кнопки керування сигнальна лампа не загоряється	1) Немає напруги в мережі 2) Перегоріла сигнальна лампочка 3) Несправний кінцевий вимикач блокування на бункері	Усунути дефект мережі Замінити сигнальну лампочку Перевірити або замінити кінцевий вимикач
Стукіт у коробці передач	Зношення зубчастого зачеплення	Замінити передачі
При роботі преса шквара витікає у зоні ущільнень	Зношення ущільнень	Замінити ущільнюючі елементи
Нестабільна робота преса	Нестворена пробка з шквари	Створити пробку з попередньо віджатих вижимом шквари
Запресовування шквари	Значне ущільнення шквари Підвищена вологість шквари	Відрегулювати тиск у гідро циліндрі Використовувати шквару відповідної вологості.

Прес Е8-ФОБ введено в експлуатацію 1 грудня 20018 року. Для його підтримання у працездатному стані впроваджено систему планово-попереджувального ремонту (ППР), яка передбачає виконання комплексу регламентованих технічних заходів різного рівня складності.

До складу ППР входять такі основні види обслуговування та ремонту:

Міжремонтне обслуговування — виконується щоденно та має профілактичний характер. Воно включає контроль дотримання правил експлуатації, спостереження за роботою вузлів і своєчасне усунення дрібних несправностей. Додатково передбачено обов'язкову заміну масла в редукторах приводу шнеків після перших 48 годин роботи преса.

Технічне обслуговування (ТО) — планові профілактичні роботи, що виконуються згідно затвердженого графіка ППР. Як правило, їх узгоджують із періодами санітарного миття обладнання, що дозволяє мінімізувати простой.

Поточний (малий) ремонт — передбачає виконання робіт мінімального обсягу, спрямованих на забезпечення безперебійної роботи преса до наступного планового ремонту. У процесі виконання замінюються швидкозношувані елементи та здійснюються необхідні регулювання.

Середній ремонт — полягає у відновленні працездатності обладнання шляхом заміни зношених або пошкоджених деталей і окремих складальних одиниць. При цьому додатково виконується контроль технічного стану всіх вузлів із усуненням виявлених дефектів, а за потреби допускається частковий капітальний ремонт окремих механізмів.

До основних робіт середнього ремонту належать:

1. очищення всіх підшипникових вузлів та їх планова заміна;
2. перевірка стану та промивання редуктора;
3. заміна зношених ущільнень, прокладок і кріпильних елементів;
4. відновлення лакофарбового покриття окремих частин преса (за необхідності);

5. складання обладнання, перевірка надійності кріплень, регулювання кінцевих вимикачів та випробування на холостому ходу.

Капітальний ремонт — найповніший вид відновлення, що передбачає повне розбирання преса, дефектування всіх вузлів і деталей, а також заміну або відновлення всіх елементів, які втратили працездатність.

До складу капітального ремонту входять такі основні операції:

1. заміна зношених елементів приводу або їх відновлення до номінальних розмірів згідно креслень;
2. вивірка геометрії та взаємного розташування вузлів преса;
3. налаштування та регулювання систем автоматики;
4. комплексне випробування обладнання після ремонту;
5. відновлення лакофарбового покриття корпусних елементів або всієї машини.

На основі наведених даних складається графік ППР для преса Е8-ФОВ на наступний календарний рік. Розрахунки виконуються для умов роботи обладнання в одну зміну. Тривалість ремонтного циклу визначається відповідно до встановленого режиму експлуатації та нормативів ППР.

$$T_{\text{ц}} = 1 \text{ рік} = 12 \text{ міс} = 4200 \text{ год}.$$

Міжремонтний період $\tau_p = 2 \text{ міс} = 700 \text{ год}$, період між ТО становить $\tau_{\text{ТО}} = 1 \text{ міс} = 350 \text{ год}$.

До завершення календарного року напрацювання преса після останнього ремонту становило 350 годин, при цьому технічне обслуговування (ТО) не виконувалося (0 год). Останнім видом ремонту був малий ремонт М1.

Прийнята структура ремонтного циклу має вигляд:

$$K - \text{ТО} - M1 - \text{ТО} - M2 - \text{ТО} - C - \text{ТО} - M3 - \text{ТО} - M4 - \text{ТО} - K$$

Згідно з цією структурою, напрацювання обладнання від моменту виконання М1 до наступного малого ремонту М2 у плановому році визначається як:

$$700 - 350 = 350 \text{ год}$$

Трудомісткість капітального ремонту приймається на рівні 36 люд.-год, тоді як виконання одного технічного обслуговування потребує 1 люд.-год.

На підставі наведених початкових даних здійснюють розрахунок сумарних витрат праці на виконання всіх регламентованих ремонтних операцій і технічних обслуговувань, передбачених у межах повного ремонтного циклу експлуатації обладнання:

$$6 \cdot 1 + 4 \cdot 7 + 21 + 36 = 91 \text{ люд.-год.}$$

Отримане значення розподіляємо за видами виконуваних робіт із урахуванням питомої трудомісткості на одну умовну одиницю.

Слюсарні роботи становлять: $91 \times 0,72 = 65,5$ люд.-год;

Верстатні роботи становлять: $91 \times 0,20 = 18,2$ люд.-год;

Інші види робіт становлять: $91 \times 0,08 = 7,3$ люд.-год.

3.2.2. Розробка технічної документації на проведення ремонту преса марки Е8-ФОВ

Виконали технологічну карту розбирання вузла горизонтального шнека преса (табл. 3.3).

Таблиця 4.3. Технологічна карта розбирання вузла горизонтального шнека

№ п/п	Операції і переходи	Інструмент пристосування	Технічні вимоги	Професія і розряд робочого	Норма часу, х/в	Примітка
1.	Відкрутити 6 болтів 2	Ключ ріжковий	—	Слюсар , II розряд	3,5	—
2.	Зняти шайби 3 з болтів 2	—	—	-//-	0,5	—
3.	Зняти кришку 1	—	—	-//-	0,1	—
4.	Зняти підшипник 24 з вала 18	Зйомник	—	-//-	0,4	—
5.	Зняти черв'як 20	Молоток	—	-//-	0,4	—
6.	Зняти колесо черв'ячне 5 з вала 18	Зйомник молоток	—	-//-	0,1	—
7.	Відкрутити 6 болтів 8	Ключ ріжковий	—	-//-	3,2	—
8.	Зняти шайби 9 з болтів 8	—	—	-//-	0,5	—
9.	Зняти корпус 10	—	—	-//-	0,5	—
10.	Відкрутити 6 Гайок 14 з болтів 12	Ключ ріжковий	—	-//-	3,5	—
11.	Зняти 6 шайб 15	—	—	-//-	1,5	—
12.	Зняти шнековий вал 19 в зборі	—	-//-	-//-	1,5	—
13.	Зняти пів муфту 17 з вала 19	Молоток, оправка	—	-//-	1,8	—
14.	Зняти шпонку 23 з вала 19	Викрутка	—	-//-	0,4	—
15.	Зняти прокладку 16	Викрутка	-//-	-//-	0,2	—
16.	Відкрутити 6 болтів 12	Ключ ріжковий	—	-//-	2,6	—
17.	Зняти 6 шайб 13 з болтів 12	—	—	-//-	0,7	—

Продовження табл. 3.3.

18.	Зняти пів муфту 1	Молоток, виколотка	—	-//-	1,5	—
19.	Зняти шпонку 22	Викрутка	—	-//-	0,2	—
20.	Зняти групу вала 18	Молоток	—	-//-	1,9	—
21.	Зняти манжету 7 з вала 18	—	—	-//-	0,2	—
22.	Зняти підшипник 6 з вала 18	Молоток, оправка	—	-//-	1,5	—
23.	Зняти шпонку 4 з вала 18	Викрутка	—	-//-	0,6	—

3.2.3. Дефектування та сортування деталей преса

Відомість дефектів

на середній ремонт преса для шквари Е8-ФОВ
(обладнання)
інв. № 68 встановленого в консервному цеху

№ п/п	Деталі, які мають дефект	Дефект	Способи усунення	Необхідна кількість запасних деталей і матеріалів		Трудо-міст-кість Люд-год	Оцінка стану обладнання при здачі в ремонт
				найме-нування	Кіль-кість		
1.	Колеса зубчасті циліндричні , Черв'ячне колесо	Поломка зубців Зношення вінця	Відновити зуби зваркою чи іншим методом. Замінити колеса. Замінити вінець	Зубчасті колеса : m=3; z=48 m=3; z=116 m=4; z=21 m=4; z=127 m=6,5; z=48 m=6,5; z=82 m=8; z=16 m=8; z=81 Черв'ячне колесо m=6 ; z=73	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1		
2.	Вали	Зношення шийок	Наварити з Наступною мех-				

Продовження табл.

		Поломка вала	обробкою Відновити зварюванням чи іншим методом чи замінити				
3.	Пружини	Поломка	Замінити	Б2-ВРТ/1 Р6-010408 У-6	1 1 3		
4.	Ущільнюючі кільця, манжети, набивки	Пропускають рідину, повітря	Замінити новими	Кільце Р6-010408А Манжета 50х100 ГОСТ 6678-56 Манжета 80х110 ГОСТ 5969-54 Манжети 90х110 ГОСТ 5969-54	10 5 4		
5.	Шпонки	Зріз, Зминання	Замінити	Шпонка	1		
6.	Корпусні деталі	Пошкоджен- ня різьби в кріп- ильних отворах	Розсверлити і нарізати нову різьбу мітчи ком	—	—		
7.	Підшипники кочення	Знос, полом- ка	Замінити	Підшипник 120 Підшипник 104 Підшипник 220 Підшипник 204 Підшипник 8210	1 2 6 1 4		
8.	Підшипники ковзання	Знос	Замінити або відновити	—	—		
9.	Муфти	Поломка	Замінити	—	—		
10.	Болти	Зріз різьби, поломка	Замінити	—	—		
11.	Гайки	-//-	Розсверлити, нарізати різьбу мітчиком, замінити .	—	—		

3.2.4. Аналіз технічних умов кришки

Деталь «кришка» належить до класу тіл обертання типу дисків, для яких характерним є значно менша довжина порівняно з діаметром, а також наявність розвинених торцевих поверхонь.

Аналіз технічних вимог, заданих на робочому кресленні, дозволяє зробити висновок, що посадочна поверхня Ø104H7 із параметром шорсткості $R_a = 1,25$ потребує виконання чистової обробки, зокрема чистового або тонкого розточування для забезпечення заданої точності та якості поверхні. Інші поверхні з параметром шорсткості $R_z 40$ не вимагають високоточних чистових операцій, однак забезпечення точності в межах 7–8 квалітетів передбачає використання послідовної обробки з поділом припуску на етапи чорного, напівчистового та чистового точіння, із мінімальним припуском на завершальному переході та застосуванням високоточного обладнання.

Підвищені вимоги також висуваються до точності виконання та шорсткості внутрішніх отворів, що визначає необхідність застосування відповідного інструменту та дотримання технологічної послідовності обробки.

Матеріалом виготовлення кришки є сірий чавун СЧ-20 згідно з ГОСТ 1412–85.

Таблиця 3.5. – Хімічний склад чавуну СЧ-20 ГОСТ 1412 – 85 в %.

C	Si	Mn	Ni	Cr	S	P
1,42-1,47	0,17-0,31	0,5-0,8	0,3	0,3	0,04	0,04

Таблиця 3.6. Механічні властивості чавуну СЧ-20

σ_{ϵ} при розтягу МПа	σ_m МПа	KC Дж/м	ψ %	a_n $\kappa\Gamma/\text{см}^2$	НВ
180-330	96-245	60	30	3	200

Аналіз технічних умов зводимо у таблицю 3.7.

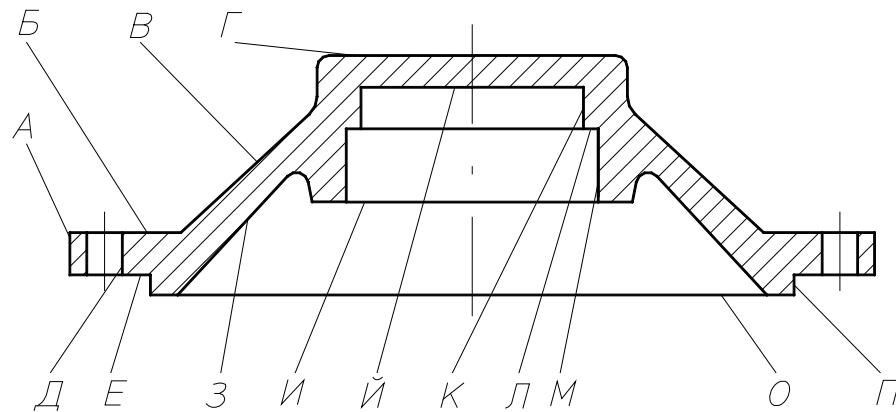


Рисунок 3.2. Схема кришки з позначенням оброблюваних поверхонь.

Таблиця 3.7. Аналіз технічних умов кришки

Позначення поверхні	Технічна умова або вимога	Метод виконання	Метод контролю
В, Г, З, Й	Забезпечити точність по 16 квалітету і шорсткість $Rz180\mu\text{м}$	Заготовка лиття	— // —
А, Б, О, К, И, Е, Л	Забезпечити точність по 12 квалітету і $Rz60$	Точіння напівчистове	Точність штангенциркулем, Шорсткість методом порівняння за зразками
М	Забезпечити точність різі по 7, шорсткість $Ra 1,25$	Розточування тонке	— // —
П	Забезпечити точність по 8 квалітету Шорсткість $Ra 1,6$	Точіння чистове	Точність-штангенциркулем, Шорсткість-методом порівняння за зразками
Д	Забезпечити точність по 12 квалітету шорсткість $Rz40$	Свердління	— // —

3.2.5. Розробка технологічного процесу виготовлення кришки

Спосіб отримання заготовки для деталей машинобудування вибирають з урахуванням функціонального призначення виробу, його конструктивних особливостей, властивостей матеріалу, типу виробництва та економічної доцільності виготовлення.

Основним критерієм під час вибору технології є забезпечення максимальної відповідності форми та геометричних параметрів заготовки конфігурації готової деталі при мінімальних витратах матеріалу й механічної обробки. У зв'язку з цим при визначенні оптимального способу виготовлення необхідно враховувати фізико-механічні та ливарні властивості матеріалу, конструкцію поверхонь, масу і габаритні розміри деталі, вимоги до точності, а також обсяг серійного випуску.

Для даної деталі можливими є такі методи отримання заготовки:

- лиття у піщані форми;
- лиття в кокіль;
- відцентрове лиття.

Використання відцентрового лиття у цьому випадку є недоцільним. Це пояснюється тим, що чавун марки СЧ-20 характеризується достатньо високими ливарними властивостями і не потребує застосування складних способів формування. Крім того, при заданих геометричних розмірах деталі під час відцентрового лиття можуть виникати значні прояви ліквіації, що негативно впливатиме на однорідність структури матеріалу та якість відливки.

Конструктивні розміри деталі дозволяють ефективно виготовляти заготовку як методом лиття у разові піщані форми, так і способом лиття в кокіль. Для обґрунтованого вибору найбільш раціонального варіанта необхідно провести порівняльний розрахунок собівартості заготовок, отриманих кожним із зазначених способів.

Орієнтовна маса відливки, виготовленої литтям у кокіль, становить:

$$M_{\text{ш}} = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} \cdot l_3 \cdot \rho - \frac{\pi \cdot d_2^2}{4} \cdot l_2 \cdot \rho - \frac{\pi \cdot d_2^2}{4} \cdot l_2 \cdot \rho = \frac{3,14 \cdot (335 \cdot 10^{-3})^2}{4} \cdot 0,100 \cdot 7800 - \frac{3,14 \cdot (104 \cdot 10^{-3})^2}{4} \cdot 0,086 \cdot 7800 - \frac{3,14 \cdot (267 \cdot 10^{-3})^2}{4} \cdot 0,06 \cdot 7800 = 68 \text{ кг}$$

Маса відливки, отриманої у піщаній формі, буде дещо більшою через необхідність формування ливникової системи. Проте собівартість виготовлення разової піщаної форми є значно нижчою порівняно з кокільним литтям. З урахуванням того, що виробництво має одиничний характер, застосування дорогого кокіля є економічно недоцільним.

Таким чином, для виготовлення заготовки найбільш раціонально застосувати технологію лиття у піщані форми.

Отже, як основний спосіб отримання заготовки приймаємо лиття у піщану форму.

Таблиця 3.10 – Маршрут механічної обробки деталі «Кришка»

№ оп.	Назва операції (переходу)	Оброблювана поверхня	Базова поверхня	Обладнання
005	Токарно-гвинторізна 1. Точити торець в розмір 26 2. Точити торець в розмір 8 3. Розточити поверхню в розмір $\varnothing 92$ на довжину 48 мм 4. Точити поверхню в розмір $\varnothing 334$ на довжину 18 мм 5. Точити поверхню в розмір $\varnothing 267 \text{h}9$ на довжину 8 мм 6. Розточити отвір в розмір $\varnothing 104 \text{H}7$ 7. Точити торець в розмір 26 8. Точити торець в розмір 38	А, Б, Е, ІІ, Й, К, Л, М, О, П	Поверхня заготовки	Токарно-гвинторізний верстат 16К50П
010	Свердлильна 1. Свердлити 6 отворів в розмір $\varnothing 8$ 2. Свердлити 6 отворів в розмір $\varnothing 14$	Д	А, О	Свердлильний верстат 2Н125

Маршрут механічної обробки деталі «кришка» формуємо у вигляді послідовності технологічних операцій, необхідних для забезпечення заданих геометричних параметрів, точності та якості поверхонь.

Технологічний маршрут виготовлення кришки наведений у таблиці 3.10.

Виконаємо вибір інструменту (табл. 3.11).

Таблиця 3.11. – Вибір інструменту

№ оп.	Назва операції/переходу	Інструмент.	
		(ріжучий)	(вимірювальний)
005	Ток.-гвинторізна Точіння циліндричних поверхонь	Різ. прохідний-упорний 2121 ВК8 Різ. прохідний відігнутий ВК8	Штангенц. ШЦ -1 -400 ГОСТ166-80
	Точіння торців	Різ. підрізний Різ. підрізний	--
	Точіння циліндричних внутр. поверхонь	Різ. розточний ВК8	--
010	Свердління отвору діам. Ø 8 мм	СвердлоР6М5, Ø=8мм; L=23мм	--
	Розсвердлювання отвору діам. Ø14мм	Свердло Р6М5, Ø=14мм; L=28мм	--

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів під час монтажу, експлуатації та ремонту преса для шквари марки Е8-ФОВ

Прес для шквари марки Е8-ФОВ є одним із видів технологічного обладнання, що застосовується на підприємствах м'ясопереробної промисловості для відокремлення жирової фракції від шквари після процесу витоплювання жиру. Робота такого обладнання здійснюється в умовах дії механічних, електричних, теплових та санітарно-гігієнічних факторів, які за певних обставин можуть становити небезпеку для обслуговуючого персоналу. Тому під час проєктування, монтажу, експлуатації та ремонту преса необхідно передбачати комплекс заходів, спрямованих на забезпечення безпечних умов праці.

На етапі монтажу обладнання найбільш небезпечними є вантажно-розвантажувальні та такелажні роботи. Значна маса преса, його окремих вузлів та комплектуючих вимагає використання вантажопідіймальних механізмів, автотранспорту, стропів та іншого монтажного оснащення. Основними причинами нещасних випадків під час виконання монтажних робіт можуть бути неправильне стропування вантажів, використання несправного такелажного обладнання, порушення технології піднімання та переміщення обладнання, а також недостатня кваліфікація працівників. Особливо небезпечними є ситуації, пов'язані з перекосом вантажу або його раптовим зміщенням під час транспортування.

Під час встановлення преса на робочому місці існує ризик травмування працівників унаслідок защемлення рук між конструктивними елементами обладнання, падіння інструменту або контакту з гострими кромками металевих

					КРБ 171.00.00.000 ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Мізинчук Ю.М.			4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці				Літ.		Арк.	Аркушів
Консульт.		Кравець О.І.										
Консульт.		Стручок В.С.										
Н. контр.		Кравець О.І.										
Затверд.		Пилипець О.М.										
ФМТ, каф. ОХ, ст. гр. МО-41												

деталей. Крім того, виконання монтажних операцій часто пов'язане із застосуванням електроінструменту, що додатково підвищує ризик ураження електричним струмом.

У процесі експлуатації преса основну небезпеку становлять його рухомі частини. До них належать шнековий механізм, муфти, привідні передачі, редуктор та вал електродвигуна. Під час роботи шнек створює значні осьові та радіальні навантаження, забезпечуючи транспортування та стискання шквари. Потрапляння рук, одягу або сторонніх предметів у зону дії шнека може призвести до тяжких виробничих травм. Саме тому всі рухомі частини обладнання повинні бути обладнані захисними кожухами та огороженнями.

Особливістю технологічного процесу є робота з гарячою шкварою, температура якої після витоплювання жиру може досягати 80–90 °С. Контакт працівників із нагрітими поверхнями обладнання або гарячим продуктом може викликати опіки. Крім того, під час переробки шквари можливе виділення пари та специфічних запахів, які погіршують умови праці персоналу.

Важливим фактором виробничого середовища є шум. Основними його джерелами виступають електродвигун, редуктор, шнековий механізм та допоміжне обладнання. За тривалої дії шуму погіршується концентрація уваги працівників, знижується продуктивність праці та підвищується ризик виробничого травматизму. У виробничих приміщеннях рівень шуму повинен відповідати вимогам чинних санітарних норм.

Під час роботи преса виникають також вібрації, що передаються через корпус машини на будівельні конструкції та робочі місця. Причинами підвищеної вібрації можуть бути порушення центрування валів, нерівномірне спрацювання шнека, пошкодження підшипників або порушення режимів роботи обладнання.

Одним із найбільш небезпечних факторів є електричний струм. Живлення преса здійснюється від трифазної мережі напругою 380 В. Пошкодження ізоляції кабелів, несправність пускової апаратури, відсутність захисного

заземлення або порушення правил експлуатації можуть стати причиною ураження працівників електричним струмом. Особливу небезпеку створюють умови підвищеної вологості, характерні для підприємств м'ясопереробної промисловості.

Під час виконання ремонтних робіт виникають додаткові небезпеки, пов'язані з демонтажем важких вузлів, використанням ручного інструменту, проведенням зварювальних робіт, а також можливим раптовим увімкненням обладнання. Тому ремонт повинен виконуватися лише після повного відключення преса від джерел енергії та вивішування попереджувальних плакатів.

Таким чином, аналіз умов праці показує, що безпечна експлуатація преса Е8-ФОВ можлива лише за умови впровадження комплексу організаційних та технічних заходів, спрямованих на усунення або мінімізацію дії небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Монтаж преса для шквари марки Е8-ФОВ є відповідальним етапом введення обладнання в експлуатацію. Від якості виконання монтажних робіт залежать надійність роботи машини, довговічність її вузлів та безпека обслуговуючого персоналу.

До початку монтажних робіт необхідно провести ретельну підготовку виробничого приміщення. Місце встановлення обладнання повинно забезпечувати вільний доступ до всіх його вузлів для подальшого технічного обслуговування та ремонту. Підлога повинна бути рівною, міцною та здатною сприймати навантаження від маси обладнання. У приміщенні необхідно забезпечити нормативні параметри освітлення, вентиляції та пожежної безпеки.

Усі монтажні роботи повинні виконуватися працівниками, які пройшли спеціальне навчання та інструктаж з охорони праці. До роботи допускаються лише особи, забезпечені спецодягом, захисним взуттям, рукавицями та касками.

Під час транспортування преса до місця встановлення використовуються автотранспортувачі або інші вантажопідіймальні механізми. Перед початком робіт необхідно перевірити технічний стан вантажопідіймальної техніки, справність стропів та інших вантажозахоплювальних пристроїв. Забороняється використовувати обладнання з простроченим терміном технічного огляду або видимими дефектами.

Особлива увага приділяється правильності стропування преса. Центр ваги вантажу повинен бути визначений завчасно, а стропування необхідно виконувати лише у передбачених конструкцією місцях. Перед підніманням вантажу необхідно переконатися у надійності закріплення стропів та відсутності сторонніх осіб у небезпечній зоні.

Після встановлення преса на робочому місці здійснюють його вивірку. Неточності монтажу можуть призвести до підвищених динамічних навантажень, появи вібрацій та передчасного виходу з ладу підшипників і редуктора. Тому контроль правильності встановлення обладнання є обов'язковим етапом монтажних робіт.

Підключення електричних мереж повинно виконуватися відповідно до вимог Правил улаштування електроустановок. Перед подачею напруги необхідно перевірити справність заземлення, опір ізоляції кабелів та правильність роботи апаратів захисту. Перший запуск преса виконують без навантаження з контролем роботи всіх вузлів і механізмів.

Після завершення монтажу проводяться комплексні випробування обладнання. У процесі випробувань перевіряють рівень шуму і вібрації, температуру нагрівання підшипників та редуктора, герметичність з'єднань і правильність функціонування систем захисту.

4.2 Вимоги охорони праці під час експлуатації та ремонту преса Е8-ФОВ

Безпечна експлуатація преса Е8-ФОВ забезпечується дотриманням вимог технологічної дисципліни, правил технічної експлуатації та охорони праці. До

роботи на обладнанні допускаються лише працівники, які пройшли відповідне навчання, перевірку знань та інструктаж з питань охорони праці.

Перед початком зміни оператор повинен оглянути обладнання, перевірити стан захисних огорожень, справність пускової апаратури, відсутність сторонніх предметів у робочій зоні, а також переконатися у достатній кількості мастильних матеріалів у вузлах тертя. Особливу увагу приділяють стану шнекового механізму та приводу.

Під час роботи преса забороняється відкривати захисні кожухи, проводити очищення або регулювання рухомих частин. Усі роботи з обслуговування обладнання допускається виконувати лише після його повної зупинки. У разі появи сторонніх шумів, вібрацій або запаху перегрітої ізоляції обладнання необхідно негайно вимкнути та повідомити ремонтний персонал.

Важливим фактором забезпечення безпеки є підтримання належного санітарного стану виробничого приміщення. Підлога повинна регулярно очищатися від залишків жиру та шквари, оскільки слизькі поверхні є однією з найпоширеніших причин виробничих травм на підприємствах м'ясної промисловості.

Під час технічного обслуговування необхідно проводити контроль стану підшипників, редуктора, шнека, ущільнень та електроприводу. Своєчасна заміна зношених деталей дозволяє запобігти аварійним відмовам обладнання та підвищити рівень виробничої безпеки.

Ремонтні роботи повинні виконуватися відповідно до затверджених технологічних карт. Перед початком ремонту прес необхідно відключити від електромережі та вжити заходів щодо недопущення його випадкового ввімкнення. Для цього використовуються замки блокування та попереджувальні таблички.

Під час демонтажу шнека, редуктора або електродвигуна необхідно застосовувати вантажопідіймальні пристрої відповідної вантажопідйомності.

Виконання таких операцій вручну може призвести до травм опорно-рухового апарату працівників.

Особливу увагу необхідно приділяти пожежній безпеці. Наявність мастильних матеріалів, електрообладнання та жирових відкладень підвищує пожежну небезпеку виробництва. У виробничому приміщенні повинні бути встановлені вуглекислотні або порошкові вогнегасники, а персонал має бути навчений правилам користування ними.

Ефективним засобом підвищення безпеки є впровадження системи планово-попереджувального ремонту. Регулярне проведення технічного обслуговування, профілактичних оглядів і планових ремонтів дозволяє підтримувати обладнання у справному стані, зменшує ймовірність виникнення аварійних ситуацій та сприяє безпечній роботі персоналу.

Отже, реалізація комплексу організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних та протипожежних заходів під час монтажу, експлуатації та ремонту преса для шквари марки Е8-ФОВ забезпечує безпечні умови праці, знижує ризик виробничого травматизму, підвищує надійність обладнання та сприяє ефективній роботі підприємств м'ясопереробної промисловості.

Загальні висновки

У роботі розроблено технічні рішення щодо монтажу, експлуатації, ремонту і технологічного забезпечення роботи преса для шквари марки Е8-ФОБ. Проведено аналіз конструкції обладнання, особливостей його функціонування, умов експлуатації та характерних причин виникнення несправностей.

У результаті виконаного аналізу встановлено, що ефективність роботи шнекового преса значною мірою залежить від стабільності подачі сировини, конструктивних параметрів пресуючих елементів, технічного стану приводу та правильності регулювання вихідної щілини. Визначено основні фактори, що впливають на якість віджимання жиру зі шквари, енерговитрати процесу та надійність роботи обладнання.

У роботі розглянуто конструкцію преса Е8-ФОБ, його кінематичну схему та принцип роботи основних вузлів. Проведено розрахунок передаточних відношень приводу, визначено параметри роботи пресуючих і підпресовуючих шнеків, а також виконано конструктивний розрахунок шнекового робочого органу з урахуванням робочого тиску та фізико-механічних властивостей продукту.

Виконано аналіз умов монтажу обладнання та розроблено заходи щодо його встановлення у виробничому приміщенні. Обґрунтовано можливість монтажу преса без фундаментного кріплення із використанням жорстких бетонних опор та методу безвивірочного монтажу. Проведено оцінку вантажопідйомності автонавантажувача при транспортуванні обладнання та визначено безпечні умови виконання монтажних робіт.

					КРБ 171.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Загальні висновки	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Мізінчук Ю.М.						
Перевір.		Деркач А.В.						
Н. контр.		Кравець О.І.						
Затверд.		Пилипець О.М.				ФМТ, каф. ОХ, ст. гр. МО-41		

У роботі також досліджено систему планово-попереджувального ремонту преса Е8-ФОВ. Визначено структуру ремонтного циклу, охарактеризовано види технічного обслуговування та ремонтів, встановлено їх трудомісткість і розроблено графік ППР для умов однозмінної експлуатації обладнання.

Проведено аналіз конструкції деталі типу «кришка», обґрунтовано вибір способу отримання заготовки методом лиття у піщану форму, а також сформовано маршрут механічної обробки деталі.

					КРБ 171.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік посилань

1. Піддубний В.А. Процеси та апарати харчових виробництв. — Київ : Кондор, 2018. — 456 с.
2. Гавва О.М., Беспалько А.П. Машини та апарати харчових виробництв. — Київ : ІНК ОС, 2015. — 512 с.
3. Шинкарик М.М. Обладнання підприємств м'ясної промисловості. — Тернопіль : ТНТУ, 2020. — 318 с.
4. Рогов І.А. Технологічне обладнання підприємств харчової промисловості. — Москва : Колос, 2012. — 624 с.
5. Остапчук М.В. Теоретичні основи технології та обладнання харчових виробництв. — Київ : НУХТ, 2017. — 402 с.
6. Stadnyk I., Piddubnyi V. Research of screw working bodies in food-processing equipment // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. — 2021. — № 4. — С. 25–33.
7. Haarslev. Screw Presses for Rendering Industries. — Режим доступу: https://haarslev.com
8. Пат. України на корисну модель № 156196. Спосіб зневоднення казеїну / Шинкарик М.М., Кравець О.І., Ворощук В.Я. — Опубл. 22.05.2024.
9. Пат. України на корисну модель № 162896. Установка для фільтраційного сушіння дисперсних матеріалів. — Опубл. 06.05.2026.
10. Shynkaryk, M., Kravets, O., & Venhrynovych, S. (2021). Features of pressing the juice from viburnum berries. Вісник Тернопільського національного технічного університету, 101(1), 94-101.
11. Шинкарик М.М., Кравець О.І. Основи теплотехніки: навч. посібник. — Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2024. 132 с.

					КРБ 171.00.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Перелік посилань		
Розроб.		Мізинчук Ю.М.					
Перевір.		Деркач А.В.					
Н. контр.		Кравець О.І.					
Затверд.		Пилипець О.М.			ФМТ, каф. ОХ, ст. гр. МО-41		

12. Improvement of environmental sustainability of milk processing enterprises / Oleh Kravets, Mariia Shynkaryk, Viktor Kravets // Scientific Journal of TNTU. — Tern.: TNTU, 2024. — Vol 114. — No 2. — P. 111–118.

1.3 Shynkaryk, M., Kravets, O., Papernyak, R., & Lukiyanchuk, B. (2026). Determining the influence of equipment used in modern cottage cheese production lines on the quantitative and dispersed composition of cheese dust. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(11 (139), 14–22.

14. Shynkaryk M. Mathematical modelling of the separation of suspension process on the filter with self-purifier filter element / M. Shynkaryk, O. Kravets / Ukrainian Food Journal. – 2016. № 1. – P. 135-143.

15. Кравець О. І., Шинкарик М. М., Ворощук В. Я., Паперняк Р. В. Дослідження впливу кулачкового насоса на процес руйнування сирного зерна при виробництві сиру кисломолочного // Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки. 2026. Том 2, № 2 С. 127-136.

16. Шинкарик М.М. Шляхи зниження затрат енергоресурсів на процес сушіння технічного казеїну / М.М. Шинкарик, О.І. Кравець, С.О Четверікова, С.М. Венгринович // VI Всеукраїнська науково-практична конференція “Підвищення ефективності діяльності підприємств харчової та переробної галузей АПК”, 23-24 лист. 2017р.: матеріали – К.: – 2017. – С. 107-108.

17. Шинкарик М.М. Дослідження впливу окремого обладнання лінії виробництва сиру кисломолочного на утворення сирного пилу / М.М. Шинкарик, О.І. Кравець, М.А. Стадницький, Р.В. Паперняк // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті : матеріали 92-ї Міжнар. наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів (Київ, 20-24 квітня 2026 р.). Київ : НУХТ, 2026. Ч. 2. С. 17.

18. Shynkaryk, M. M., Kravets, O. I. (2026). Energy losses and environmental consequences of thermotechnical system operation // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал. – Луцьк: ЛНТУ, 2026. № 1 (26) С.70-76.

19. Heat exchange in a chamber apparatus with a circulation circuit during cheese masses production / Mariia Shynkaryk, Viktor Voroshchuk, Oleh Kravets, Olha Krupa, Natalia Zvarych // Scientific Journal of TNTU. — Tern.: TNTU, 2022. — Vol 108. — No 4. — P. 43–53.

20. Шинкарик М.М. Вдосконалення лінії очистки сироватки / М.М. Шинкарик, В.Г. Юкало, О.І. Кравець // Вісник ТДТУ. – 2005. – № 2. – С. 192-196.

21 Паливода Ю. Є. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки: навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с.

22. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108 с.

23. Пилипець М.І. Раціональні способи виготовлення заготовок для одиничного і дрібносерійного виробництва/ М.І. Пилипець, О.М. Пилипець //Збірник тез доповідей Міжнародної науково-технічної конференції присвяченої пам'яті професора Гевка Богдана Матвійовича „Проблеми теорії проектування та виготовлення транспортно-технологічних машин “, 2021. - с.13

24. Технологія оброблення корпусних деталей : навч. Посіб. Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко, Ю. Б. Капаціла, І. Б. Гевко. Тернопіль : – Тернопіль: ТНТУ, 2016. 152 с.

25. Вітенько Т., Ворощук В. Навчально-методичний посібник до виконання кваліфікаційної роботи для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Галузеве машинобудування» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» галузі знань 13 – «Механічна інженерія». ФОП Паляниця, 2024. 52 с.

26. Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей

денної та заочної (дистанційної) форм навчання / В.С. Стручок. — Тернопіль:
ФОП Паляниця В. А., 2022. — 156 с.