

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерно-технологічний

Кафедра механічної та електричної інженерії

Пояснювальна записка

*до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти
бакалавр*

на тему: «Розробка конструкції преса для виготовлення олії»

КРБ.133ГМбд_31[2].04.00.00.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
*«Машини та обладнання
сільськогосподарського виробництва»*
спеціальності 133 *«Галузеве
машинобудування»*
ступеня вищої освіти *бакалавр*
групи 133ГМбд_31[2]
ГАЛАНІН Даниїл

Керівник: ЗУБКО Владислав

Полтава – 2026 року

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра механічної та електричної інженерії

Освітньо-професійна програма *«Машини та обладнання
сільськогосподарського виробництва»*

Спеціальність *133 «Галузеве машинобудування»*
Ступінь вищої освіти *бакалавр*

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
механічної та електричної
інженерії,
канд. техн. наук, доцент,
_____ **Станіслав ПОПОВ**
03 грудня 2025 р.

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Данійл ГАЛАНІН

1 Тема роботи: *«Розробка конструкції преса для виготовлення олій»*

керівник роботи **доктор техн. наук, професор Дідур Володимир,**
затверджено засіданням кафедри, протокол №9 від 03 грудня 2025 р.

2 Строк подання здобувачем вищої освіти роботи – до 31 травня 2026 р.

3 Вихідні дані до роботи – *аналіз літературних джерел Національної бібліотеки України імені Володимира Вернадського; аналіз літературних джерел Полтавської обласної універсальної наукової бібліотеки імені Івана Котляревського; сучасний досвід підприємств машинобудування та АПК за тематичним спрямуванням.*

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

Розділ 1. *Загальний*

Розділ 2. *Технологічний*

Розділ 3. *Конструкторський*

Розділ 4. *Економіка, охорона праці та навколишнього середовища*

5 Перелік графічного матеріалу: *кресленик загального виду преса; складальний кресленик вузла преса, що виноситься на розгляд; робочі кресленики деталей преса.*

6 Консультанти розділів *кваліфікаційної роботи*

Розділ	Власне ім'я, прізвище та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання отримав
Економіка, охорона праці та навколишнього середовища	Інна МИКОЛЕНКО, професор кафедри економіки та публічного управління		
	Володимир ДУДНИК, доцент кафедри механічної та електричної інженерії		
	Павло ПИСАРЕНКО, завідувач кафедри екології, збалансованого природокористування та захисту довкілля		

7 Дата видачі завдання 03 грудня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з.п.	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вибір, затвердження теми роботи	До 03.12.2025 р.	
2	Складання, затвердження розгорнутого плану, завдання на кваліфікаційну роботу	15.12-28.12.2025 р.	
3	Опрацювання літературних джерел		
4	Збір, вивчення, обробка інформації, необхідної для виконання роботи		
5	Виконання розділів роботи, графічної частини	04.05-31.05.2026 р.	
6	Оформлення тексту роботи		
7	Попередній захист роботи на кафедрі	До 31.05.2026 р.	
8	Нормалізаційний контроль		
9	Доопрацювання роботи з урахуванням зауважень і пропозицій		
10	Захист кваліфікаційної роботи	3 01.06.2026 р.	

Здобувач вищої освіти _____ Даніїл ГАЛАНІН
(підпис)

Керівник роботи _____ Володимир ДІДУР
(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 4 розділи, 7 рисунків, 13 таблиць, 1 додаток, 25 використаних джерел, 49 сторінок.

Об'єкт розробки – процес механічного виділення олії з насіння олійних культур.

Предмет розробки – конструкція преса для виготовлення олії та його основні робочі параметри.

Постановка актуальної технічної задачі – дослідити існуючі конструкції пресів для виготовлення рослинної олії, визначити шляхи підвищення ефективності процесу пресування та на основі проведеного аналізу розробити удосконалену конструкцію преса з покращеними техніко-економічними показниками.

Мета кваліфікаційної роботи бакалавра – розробка конструкції преса для виготовлення олії, який забезпечує підвищення ефективності процесу пресування, збільшення виходу готової продукції та покращення техніко-економічних показників виробництва.

Практичне значення кваліфікаційної роботи бакалавра – підвищення продуктивності процесу пресування, зменшення втрат олії в макусі, зниження енерговитрат та покращення економічної ефективності виробництва рослинної олії.

У **загальному розділі** наведено аналіз сучасного стану виробництва рослинної олії, розглянуто основні технологічні способи її отримання, зведено аналіз існуючих конструкцій пресів, досліджено будову та принцип роботи шнекового преса, а також обгрунтовано необхідність розробки нової конструкції.

У **технологічному розділі** проведено аналіз технологічності деталі «камера преса», розроблено технологічний процес її виготовлення, обгрунтовано вибір заготовки, методів обробки поверхонь, схем базування, маршруту виготовлення та режимів механічної обробки.

У **конструкторському розділі** виконано розробку конструкції преса для виготовлення олії, наведено опис будови та принципу роботи, виконано необхідні конструктивні та інженерні розрахунки основних вузлів і деталей, що забезпечують працездатність та надійність обладнання.

					КРБ.133ГМбд_31[2].04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

У розділі економіки, охорони праці та навколишнього середовища визначено техніко-економічну ефективність запропонованої конструкції, розраховано економічний ефект та строк окупності розробки, розглянуто заходи щодо забезпечення безпечних умов праці та охорони навколишнього середовища під час експлуатації обладнання.

Практичні результати роботи – розроблено конструкцію преса для виготовлення олії та комплект конструкторської документації на його основні вузли. Запропонована конструкція забезпечує ефективне вилучення олії з насіння олійних культур та підвищення продуктивності технологічного процесу.

Рекомендації щодо використання результатів роботи – розроблений прес може бути використаний на малих і середніх підприємствах олійно-жирової промисловості, у фермерських господарствах та переробних цехах агропромислового комплексу.

Сфера застосування результатів роботи – підприємства агропромислового комплексу, олійно-жирова промисловість, фермерські господарства та виробництво обладнання для переробки олійних культур.

Графічна частина роботи становить 3 аркуші формату А1.

Результат перевірки тексту пояснювальної записки на плагіат за допомогою сервісу StrikePlagiarism: унікальність 98,01 %.

АНотація

Кваліфікаційна робота бакалавра присвячена розробці конструкції преса для виготовлення олії. Особливістю розробленої конструкції є забезпечення ефективного механічного вилучення олії з насіння олійних культур при зниженні енерговитрат та підвищенні продуктивності процесу пресування.

ПРЕС ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ОЛІЇ, ШНЕКОВИЙ ПРЕС, РОСЛИННА ОЛІЯ, ОЛІЙНІ КУЛЬТУРИ, ПРЕСУВАННЯ, КАМЕРА ПРЕСА, ШНЕК, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС

ANNOTATION

The bachelor's qualification work is devoted to the development of an oil production press design. A distinctive feature of the developed design is the provision of efficient mechanical extraction of oil from oilseed crops while reducing energy consumption and increasing the productivity of the pressing process.

OIL PRODUCTION PRESS, SCREW PRESS, VEGETABLE OIL, OILSEED CROPS, PRESSING, PRESS CHAMBER, SCREW, TECHNOLOGICAL PROCESS

					КРБ.133ГМбд_31[2].04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	9
1.1 Стан та перспективи розвитку виробництва рослинної олії	9
1.2 Технологічні способи отримання рослинної олії	10
1.3 Аналіз конструкцій пресів для виготовлення олії	11
1.4 Будова та принцип роботи шнекового преса	13
1.3 Обґрунтування необхідності розробки конструкції преса	14
2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	16
2.1 Аналіз технологічності деталі	16
2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення деталі	19
2.3 Обробка поверхонь деталі	22
2.4 Розробка схем базування деталі	24
2.5 Розробка маршруту виготовлення деталі	27
2.6 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів	30
3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	26
3.1 Будова та принцип роботи пресу	34
3.2 Розрахунок продуктивності шнекового пресу	36
3.3 Розрахунок деталей шнекового пресу	37
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	40
4.1 Техніко-економічне обґрунтування розробки	40
4.2 Охорона праці	43
4.3 Охорона навколишнього середовища	45
ВИСНОВКИ	48
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	50
ДОДАТКИ	53

КРБ.133ГМбд_31[2].04.00.00.000 ПЗ							
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Галанін Д.М.				Літ.	Арк.	Аркушів
Перевішив	Зубко В.М.					6	49
Н. Контр.	Зубко В.М.				ПДАУ, каф. МЕІ		
Керівник	Зубко В.М.						
Зав.кафедр	Попов С.В.						

ВСТУП

Сучасний розвиток агропромислового комплексу України нерозривно пов'язаний із підвищенням ефективності переробки сільськогосподарської продукції. Одним із важливих напрямів такої діяльності є виробництво рослинної олії, яка належить до продуктів повсякденного споживання та широко використовується в харчовій, косметичній, фармацевтичній і технічній галузях. Україна є одним із провідних виробників та експортерів соняшникової олії у світі, тому питання удосконалення технології виробництва та обладнання для переробки олійної сировини мають важливе економічне значення.

Основною операцією під час виробництва рослинної олії є процес вилучення олії з насіння олійних культур. Від ефективності роботи обладнання для пресування залежать вихід готової продукції, її якість, енергоємність виробництва та собівартість отриманої олії. Незважаючи на значну кількість існуючих конструкцій пресів, багато з них характеризуються підвищеними енерговитратами, недостатнім ступенем віджимання олії, складністю технічного обслуговування та швидким зношуванням робочих органів.

У сучасних умовах особливої актуальності набуває створення вископродуктивних, надійних та економічно ефективних пресів, які забезпечують максимальне вилучення олії при мінімальних витратах енергії. Вирішення цього завдання потребує удосконалення конструкцій пресувального обладнання, оптимізації його робочих параметрів та впровадження нових технічних рішень.

Метою роботи є розробка конструкції преса для виготовлення олії, який забезпечує підвищення ефективності процесу пресування, збільшення виходу готової продукції та покращення техніко-економічних показників виробництва.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання**:

- провести аналіз конструкцій пресів для виготовлення олії;

					КРБ.133ГМбд_31[2].04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

- дослідити особливості технологічного процесу пресування олійної сировини;
- розробити конструкцію преса для виготовлення олії;
- виконати необхідні конструктивні та інженерні розрахунки;
- оцінити техніко-економічну ефективність запропонованої розробки;
- розглянути питання охорони праці та охорони навколишнього середовища під час експлуатації обладнання.

Об'єктом розробки є процес механічного вилучення олії з насіння олійних культур.

Предметом розробки є конструкція преса для виготовлення олії та її основні робочі параметри.

Практичне значення роботи полягає у розробці конструкції преса використання якого дозволить підвищити продуктивність процесу пресування, знизити втрати олії в макусі та покращити економічні показники виробництва олії.

					КРБ.133ГМбд_31[2].04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Стан та перспективи розвитку виробництва рослинної олії

Виробництво рослинної олії належить до найбільш важливих напрямків агропромислового комплексу України. Олія є одним із основних продуктів харчування населення та широко використовується в харчовій, кондитерській, фармацевтичній, косметичній і хімічній промисловості. Окрім цього, продукти переробки олійних культур знаходять застосування у тваринництві як високопоживні кормові добавки, а також використовуються для виробництва біодизельного палива. Завдяки сприятливим ґрунтово-кліматичним умовам Україна посідає провідні позиції у світі за обсягами вирощування соняшнику та виробництва соняшникової олії.

Протягом останніх десятиліть спостерігається стійка тенденція до збільшення площ посівів олійних культур. Найбільш поширеними серед них є соняшник, ріпак та соя. Це пояснюється високою рентабельністю їх вирощування та стабільним попитом на продукцію як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках. Зростання обсягів виробництва сировини сприяє розвитку підприємств з її переробки та створює потребу в сучасному високопродуктивному обладнанні.

Важливим етапом технологічного процесу виробництва рослинної олії є вилучення олії з насіння. Саме від ефективності цього процесу значною мірою залежать вихід готової продукції, її якість та економічна ефективність виробництва. Сучасні технології передбачають використання різних методів вилучення олії, серед яких найбільш поширеними є механічне пресування та екстракція органічними розчинниками. Незважаючи на високу ефективність екстракційного способу, механічне пресування продовжує широко застосовуватися на підприємствах малої та середньої потужності завдяки простоті технологічного процесу, екологічній безпеці та можливості отримання високоякісної продукції.

					КРБ.133ГМбд_31[2].04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

На сучасному етапі розвитку олійно-жирової галузі особлива увага приділяється вдосконаленню конструкцій технологічного обладнання. Постійне зростання вартості енергоресурсів, підвищення вимог до якості продукції та необхідність забезпечення конкурентоспроможності підприємств обумовлюють потребу у створенні нових конструкцій пресового обладнання. Основними напрямками розвитку є підвищення продуктивності машин, зменшення питомих витрат енергії, збільшення виходу олії, підвищення надійності роботи та зниження витрат на технічне обслуговування [2, 12].

Одним із найважливіших завдань сучасного машинобудування для переробної промисловості є розроблення конструкцій пресів, які забезпечують максимальне виділення олії з насіння за мінімальних енерговитрат. Вирішення цього завдання можливе шляхом удосконалення робочих органів, оптимізації геометричних параметрів пресувальних елементів, застосування сучасних матеріалів та впровадження ефективних систем регулювання технологічного процесу.

Таким чином, подальший розвиток виробництва рослинної олії нерозривно пов'язаний із модернізацією технологічного обладнання та створенням нових високоефективних пресів. Розробка удосконаленої конструкції преса для виготовлення олії є актуальним завданням, вирішення якого дозволить підвищити ефективність переробки олійної сировини, покращити якість готової продукції та знизити собівартість її виробництва.

1.2 Технологічні способи отримання рослинної олії

Отримання рослинної олії здійснюється різними способами, серед яких найбільш поширеними є механічне пресування та екстракція органічними розчинниками. Кожен із цих методів має свої переваги та недоліки, що визначають сферу їх застосування.

					КРБ.133ГМбд_31[2].04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Механічний спосіб базується на створенні значного тиску на підготовлену сировину. Під дією цього тиску олія виділяється з клітин насіння та відокремлюється від твердої частини. Такий метод є найбільш екологічно безпечним, оскільки не потребує використання хімічних речовин. Саме тому пресування широко застосовується на невеликих та середніх підприємствах, а також у фермерських господарствах [1, 13].

Метод екстракції передбачає використання спеціальних розчинників, які вилучають олію із подрібненої сировини. Після цього здійснюється очищення та відновлення розчинника. Такий спосіб дозволяє отримати більший вихід олії, проте потребує складнішого обладнання та додаткових витрат на очищення продукції.

У практиці виробництва часто застосовують комбіновані технології, коли спочатку виконується пресування насіння, а потім залишкова олія вилучається методом екстракції. Це забезпечує максимальне використання сировини та підвищує економічну ефективність виробництва.

Незважаючи на розвиток різних технологій, механічне пресування залишається одним із найпоширеніших способів отримання рослинної олії. Воно характеризується простотою реалізації, відносно невеликими капітальними витратами та високою якістю готового продукту.

1.3 Аналіз конструкцій пресів для виготовлення олії

Для механічного вилучення олії використовуються різноманітні конструкції пресів, які відрізняються принципом роботи, продуктивністю та сферою застосування. Найбільш поширеними є гідравлічні, циліндрові та комбіновані преси [6, 7].

Гідравлічний прес (рис.1.1) працює за принципом передачі тиску робочої рідини до пресувального поршня. Під дією значного зусилля насіння олійних культур ущільнюється, а олія виділяється через спеціальні канали або отвори

пресувальної камери. Основними перевагами таких пресів є високий ступінь вилучення олії, простота регулювання тиску та висока якість готового продукту. Недоліками є циклічний режим роботи, відносно невелика продуктивність і значні габарити обладнання.

Рисунок 1.1 – Гідравлічний прес

Шнекові преси (рис.1.2) набули найвищого поширення у промисловості завдяки безперервності процесу пресування. Основним робочим органом такого обладнання є шнек, який транспортує та ущільнює сировину в напрямку вихідного отвору. У міру зменшення об'єму робочої камери тиск зростає, що забезпечує інтенсивне виділення олії [6-16].

Рисунок 1.2 – Шнековий прес

Перевагами шнекових пресів є висока продуктивність, компактність, простота автоматизації та можливість безперервної роботи. Однак у процесі експлуатації виникають значні навантаження на робочі органи, що призводить

					КРБ.133ГМбд_31[2].04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

до їх зношування. Крім того, недостатня ефективність окремих конструкцій спричиняє підвищений вміст залишкової олії в макусі.

Комбіновані преси (рис.1.3) поєднують переваги різних способів пресування та забезпечують більш повне вилучення олії із сировини. Проте їх конструкція є складнішою, що збільшує вартість виготовлення та обслуговування.

Рисунок 1.3 – Комбінований прес

Аналіз існуючих конструкцій показує, що більшість сучасних пресів мають резерви для вдосконалення. Насамперед це стосується підвищення продуктивності, зменшення енерговитрат, покращення умов обслуговування та збільшення ресурсу роботи основних вузлів [15, 19]

1.4 Будова та принцип роботи шнекового преса

Шнековий прес (рис.1.4) складається із завантажувального бункера, корпусу, пресувальної камери, шнека, приводу та механізму регулювання вихідного зазору. Сировина надходить до бункера, після чого захоплюється витками шнека і переміщується вздовж пресувальної камери.

					КРБ.133ГМбд_31[2].04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Рисунок 1.4 – Схема шнекового преса для виготовлення олії

У процесі руху насіння поступово ущільнюється. Через зменшення об'єму між витками шнека та стінками камери відбувається зростання тиску. Під дією цього тиску олія проходить через отвори або щілини корпусу та збирається в приймальній ємності. Знеолинений залишок у вигляді макухи виводиться через вихідний отвір.

Ефективність роботи преса значною мірою залежить від геометричних параметрів шнека, частоти його обертання, ступеня стискання матеріалу та конструкції пресувальної камери. Неправильний вибір цих параметрів може призвести до перевантаження приводу, зниження продуктивності або погіршення якості отриманої продукції [6, 18].

У зв'язку з цим при проектуванні нових конструкцій особлива увага приділяється оптимізації форми шнека та забезпеченню раціонального режиму пресування.

1.5 Обґрунтування необхідності розробки конструкції преса

Розвиток малого та середнього бізнесу в агроному секторі сприяє зростанню попиту на компактне, продуктивне та економічне обладнання для виробництва рослинної олії. Багато існуючих конструкцій пресів

					КРБ.133ГМбд_31[2].04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

характеризуються високою вартістю, значними енергетичними витратами або недостатнім ступенем вилучення олії.

Під час експлуатації обладнання часто виникають проблеми, пов'язані зі зношуванням шнеків, перегріванням сировини, складністю регулювання режимів роботи та недостатньою продуктивністю. Усе це негативно впливає на ефективність виробництва та якість готової продукції.

Тому актуальним напрямом розвитку обладнання для олійного виробництва є створення вдосконалених конструкцій пресів, які забезпечують стабільну роботу, високий ступінь віджимання олії та зниження експлуатаційних витрат. Важливим завданням також є підвищення надійності основних вузлів та спрощення їх технічного обслуговування [2, 4].

Розробка нової конструкції преса дозволить підвищити ефективність процесу пресування, зменшити втрати олії та забезпечити отримання якісної продукції при мінімальних витратах енергії.

Висновки. Проведений аналіз показав, що виробництво рослинної олії є важливою складовою агропромислового комплексу та має значні перспективи подальшого розвитку. Основним способом отримання олії залишається механічне пресування, яке забезпечує високу якість продукції та екологічну безпеку процесу [1, 14].

Дослідження існуючих конструкцій пресів свідчить про наявність низки недоліків, пов'язаних із недостатньою продуктивністю, значними енерговитратами та зношуванням робочих органів. Це обумовлює необхідність удосконалення обладнання та розробки нових технічних рішень.

У зв'язку з цим розробка конструкції преса для виготовлення олії є актуальним інженерним завданням, спрямованим на підвищення ефективності виробництва, покращення техніко-економічних показників та забезпечення конкурентоспроможності продукції.

					КРБ.133ГМбд_31[2].04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Аналіз технологічності деталі

Камера преса (рис.2.1) – основною силовою деталлю олійного преса. Вона сприймає радіальний тиск пресованої маси і забезпечує герметичність робочої зони. Матеріал деталі – сталь 12X18H10T за ДСТУ 7806:2015 [9], що відноситься до аустенітних корозійностійких сталей. Наявність хрому (17–19 %), нікелю (9–11 %) і титану (до 0,8 %) забезпечує стійкість до корозії в харчових середовищах при підвищених температурах – саме таких умовах, що виникають при холодному та гарячому пресуванню олії.

Рисунок 2.1 – Схема камери преса

Механічні властивості сталі 12X18H10T після термічного оброблення: межа міцності $\sigma_b \geq 540$ МПа, межа текучості $\sigma_t \geq 196$ МПа, відносне подовження $\delta \geq 40$ %, твердість не більше 200 НВ. Оброблюваність різанням у цієї сталі знижена порівняно з вуглецевими сталями: вона схильна до зміщення при різанні, налігає на різальний інструмент і утворює довгу зливну стружку. Це вимагає застосування твердосплавного інструменту з позитивними передніми кутами та обов'язкового охолодження [9, 17].

За конфігурацією деталь є порожнистим циліндром великого діаметра. Загальна довжина – 690 мм. На зовнішній поверхні виконано різьбу М270-6g, яка

					КРБ.133ГМбд_31[2].04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

служує для кріплення до рами або суміжних вузлів преса. Внутрішні різьби M250-6G і M200-6G відповідно забезпечують з'єднання з торцевими кришками і внутрішніми елементами преса. Внутрішній гладкий діаметр $\varnothing 180$ мм є робочою поверхнею циліндра з шерсткістю $Ra\ 1,25$ мкм.

На торцевій поверхні рівномірно по колу (через 15°) розташовані 24 отвори $\varnothing 8$ мм глибиною 30 мм та 24 наскрізних отвори $\varnothing 12$ мм. Перші слугують для підведення мастила або дренажу, другі – кріпильні. По довжині деталі наявні кільцеві проточки шириною 32 мм (три канавки) і 70 мм. Розмір 50 мм позначає ширину певної зони під внутрішню різьбу M200-6G. Зовнішній розмір 110 мм – ширина торцевого фланця.

Загальна шерсткість поверхонь деталі – $Rz\ 40$ мкм ($Ra\ 6,3$ мкм), що відповідає чорнозому або напівчистому точінню. Внутрішня поверхня $\varnothing 180$ мм вимагає $Ra\ 1,25$ мкм, що досягається тонким розточуванням або розвертанням. Невказані граничні відхилення: для отворів – H14, для валів – h14, інші – $\pm IT14/2$ за ДСТУ ISO 2768-1:2001 [11, 22].

Кількісна оцінка технологічності за коефіцієнтом уніфікації:

$$K_y = \frac{Q_y}{Q}, \quad (2.1)$$

де Q_y – кількість уніфікованих конструктивних елементів,

Q – загальна їх кількість.

Конструктивні елементи: зовнішня різьба M270-6g (1), внутрішня різьба M250-6G (1), внутрішня різьба M200-6G (1), гладкий отвір $\varnothing 180$ мм (1), кільцеві проточки 32 мм (3), проточка 70 мм (1), отвори $\varnothing 8$ мм (24), отвори $\varnothing 12$ мм (24), фаски та скруглення (4). Разом $Q = 60$, уніфікованих $Q_y = 55$:

$$K_y = \frac{55}{60} = 0,92$$

Коефіцієнт точності:

$$K_T = 1 - \frac{1}{A_{\text{сер}}}, \quad (2.2)$$

де $A_{\text{сер}}$ – середній квалітет точності поверхонь деталі.

					КРБ.133ГМбд_31[2].04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Аналіз квалітетів: різьби M270-6g, M250-6G, M200-6G – клас точності 6; отвір ø180 мм – квалітет 7 (Ra 1,25); отвори ø8, ø12 – квалітет 14; решта поверхонь – квалітет 14. $A_{сер} = (6 \cdot 3 + 7 \cdot 1 + 14 \cdot 52) / 56 \approx 13,1$:

$$K_T = 1 - \frac{1}{13,1} = 0,92.$$

Обидва коефіцієнти перевищують нормативні значення ($K_y \geq 0,6$; $K_T \geq 0,8$).

Деталь є технологічною за формою, проте обробка аустенітної сталі 12X18H10T ускладнена зниженою оброблюваністю різанням, що потребує відповідного підбору режимів і інструменту.

Таблиця 2.1 – Характеристика основних поверхонь циліндра

№	Поверхня	Квалітет	Ra, мкм	Кількість	Призначення
1	Зовн. різьба M270-6g	6g	3,2	1	Кріплення до корпусу рами
2	Внутр. різьба M250-6G	6G	3,2	1	Різьбова кришка (торець)
3	Внутр. різьба M200-6G	6G	3,2	1	Внутрішній прилискний елемент
4	Отвір ø180 мм (робоча пов.)	7 (H7)	1,25	1	Робоча поверхня циліндра
5	Кільц. проточки 32 мм	14	6,3	3	Ущільнення, розвантаження
6	Проточка 70 мм	14	6,3	1	Перехідна зона різьби M200
7	Отвори ø8 мм (24 шт.)	14 (H14)	6,3	24	Дренаж / підведення мастила
8	Отвори ø12 мм (24 шт.)	14 (H14)	6,3	24	Кріпильні наскрізні отвори

Таблиця 2.2 – Кількісні показники технологічності циліндра

Показник	Розраховане значення	Норматив (не менше)
Коефіцієнт уніфікації K_y	0,92	0,60
Коефіцієнт точності K_t	0,92	0,80
Середній квалітет точності $A_{\text{ср}}$	13,1	—
Ускладнюючий фактор	Знижена зороблюваність 12Х18Н10Т	—
Висновок	Деталь технологічна	—

2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення деталі

Діючий технологічний процес виготовлення циліндра розроблений для умов одиничного або дрібносерійного виробництва, що є типовим для виробництва пресового обладнання. Заготовка – труба товстостінна або суцільна проковка зі сталі 12Х18Н10Т. Застосування трубної заготовки діаметром 290 мм із внутрішнім отвором $\phi 160$ –170 мм дозволяє зменшити витрати матеріалу і скоротити час на обробку у порівнянні із суцільним прокатом.

Перед механічною обробкою заготовка проходить термічне оброблення – загартування від температури 1050–1100 °С з охолодженням у воді або на повітрі. Це знімає залишкові напруження після кування або відрізання, усуває карбідну неоднорідність і забезпечує однорідну аустенітну структуру з твердістю до 200 НВ. Без цього кроку оброблення різанням значно ускладнюється через нерівномірну твердість.

Діючий маршрут включає такі операції: заготівельну, термічну, токарну чорнову (зовнішню і внутрішню), токарну напівчистову і чистову, різьбонарізальну (зовнішню і внутрішню різьби), свердлильну (отвори $\phi 8$ і $\phi 12$ мм),

					КРБ.133ГМбд_31[2].04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

слюсарну і контрольну. Усі токарні операції виконуються на токарно-карусельному верстаті типу 1512 або 1516, оскільки діаметр деталі (M270 зовні) перевищує можливості стандартних токарно-гвинторізних верстатів.

Нарізання різьб є найскладнішою частиною процесу. Зовнішня різьба M270-6g нарізується різьбозим різцем з твердого сплаву BK6-M (рекомендований для корозійностійких сталей) за кільк. проходів. Внутрішні різьби M250-6G та M200-6G нарізуються розточними різьбовими різцями на тому ж карусельному верстаті. Контроль різьби виконується різьбовими калібрами-кільцями і пробками за ДСТУ ГОСТ 16093:2018.

Свердління 48 отворів ($24 \times \varnothing 8$ і $24 \times \varnothing 12$) виконується на радіально-свердлильному верстаті 2M55 з застосуванням кондуктора або поворотного дільного пристрою. Рівномірне розташування отворів через 15° забезпечується дільним диском або ЧПК-координатним столом. Свердло зі сплаву BK8 або P6M5K5 (для корозійностійких сталей – з кобальтом) із обов'язковою подачею охолоджувальної рідини.

Основні недоліки діючого процесу: значна тривалість нарізання трьох великих різьб (M270, M250, M200) через низьку швидкість різання, необхідну при обробці 12X18H10T; відсутність автоматизованого контролю між операціями; необхідність переустановлення деталі між токарними і свердлильними операціями, що збільшує похибку розташування отворів. Доцільно розглянути застосування верстата з ЧПК типу обробного центру для суміщення токарних і свердлильних операцій.

					КРБ.133ГМбд_31[2].04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Таблиця 2.3 – Структура діючого технологічного процесу виготовлення циліндра

№	Назва операції	Обладнання	Уст.	Примітка
005	Заготівельна (відрізання)	Стрічкова пила або відрізний	1	Труба $\varnothing 290 \times \varnothing 165$
010	Термічна (загартування)	Піч камерна 1050-1100°C	–	Охолодж. вода / повітря
015	Токарна чорнова	Карусельний 1516	2	Зовн. і внутр. поверхні
020	Токарна напівчистова	Карусельний 1516	2	Різбові діаметри, $\varnothing 180$
025	Токарна чистова ($\varnothing 180$)	Карусельний 1516	1	Ra 1,25 мкм
030	Різьбонарізальна (M270, M250, M200)	Карусельний 1516	2	Різьбовий різень BK6-M
035	Свердлильна (48 отв.)	Радіально-свердл. 2M55	1	Кондуктор, крок 15°
040	Слюсарна (зачистка)	Верстак	–	Задирина, кромки
045	Контрольна	Контрольний стіл	–	За кресленням

Таблиця 2.4 – Недоліки діючого ТП та заходи з їх усунення

Недолік діючого процесу	Захід з усунення
Великий допоміжний час на переустановках між токарними та свердлильними операціями	Застосування токарно-фрезерного обробного центру з можливістю свердління (ЧПК)
Низька швидкість нарізання різьб M270, M250, M200 через схильність сталі до зміщення	Застосування різців з покриттям TiAlN і позитивними передніми кутами, оптимізація режимів
Відсутність контролю між операціями – виявлення браку тільки на фінальній перевірці	Введення міжопераційного контролю після кожної токарної операції
Охолодження при свердлінні аустенітної сталі нестабільне – прискорений знос свердел	Застосування свердел BK8 або P6M5K5 з посиленою подачею ЗОР під тиском

2.3 Обробка поверхонь деталі

Вибір методів обробки поверхонь циліндра зі сталі 12X18H10T суттєво відрізняється від обробки звичайних конструкційних сталей. Аустенітна структура цієї сталі зумовлює її схильність до наклепу при різанні, що підвищує твердість обробленої поверхні вже після першого проходу. Тому необхідно уникати малих глибин різання і малих подач – різець повинен різати нижче наклепаного шару.

Зовнішня поверхня під різьбу M270-6g обробляється у кілька переходів. Після чорлового точіння (глибина 4–6 мм, подача 0,4–0,6 мм/об, $V = 40\text{--}60$ м/хв, різець BK6-M) виконується напівчистове точіння під різьбовий профіль (залишок 0,5 мм на сторону). Різьба нарізується різьбовим різцем з кутом профілю 60° за 8–12 проходів при $V = 25\text{--}35$ м/хв. Охолодження – емульсія або сульфозфрезол. Контроль – різьбовим кільцем M270-6g за ДСТУ ГОСТ 16093:2018 [10, 22].

Внутрішня робоча поверхня $\varnothing 180$ мм ($Ra\ 1,25\ \mu\text{м}$) є найвідповідальнішою. Послідовність розточування чорнове $\rightarrow$ розточування напівчистове $\rightarrow$ розточування чистове (тонке). Тонке розточування виконується різцем із пластиною BK6-M при $V = 80\text{--}120$ м/хв, подача $S = 0,05\text{--}0,08$ мм/об, глибина $t = 0,1\text{--}0,2$ мм. Досяжна шорсткість $Ra\ 0,63\text{--}1,25\ \mu\text{м}$. Охолодження обов'язкове. Для 12X18H10T розвертання великих діаметрів практично не застосовується через складність виготовлення розверток понад $\varnothing 100$ мм, тому чисте розточування є оптимальним.

Внутрішня різьба M250-6G ($Ra\ 3,2\ \mu\text{м}$) нарізується розточним різьбовим різцем BK6-M. Перед нарізанням виконуються чорнове і напівчистове розточування до діаметра 249,2 мм (зовнішній діаметр різьби M250 – 250 мм, внутрішній – 248 мм, тому розточування виконується під профіль). Нарізання – за 10–14 проходів при $V = 20\text{--}30$ м/хв. Аналогічно обробляється M200-6G – розточування до $\varnothing 199,2$ мм, нарізання за 8–10 проходів. Контроль – різьбовими пробками за ДСТУ ГОСТ 16093:2018.

					КРБ.133ГМбд_31[2].04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Кільцеві проточки шириною 32 мм (три штуки) і 70 мм формуються канавочним різцем відповідної ширини або прохідними переходами з обмеженням по довжині. Для аустенітних сталей канавочні різці повинні мати малий кут загострення і позитивний передній кут, щоб запобігти вириванню інструменту.

Свердління 24 отворів $\varnothing 8$ мм і 24 отворів $\varnothing 12$ мм виконується на радіально-свердільному верстаті. Свердла зі сплаву ВК8 або Р6М5К5. Режими: $V = 8-12$ м/хв, $S = 0,04-0,06$ мм/об для $\varnothing 8$ мм; $V = 10-15$ м/хв, $S = 0,06-0,10$ мм/об для $\varnothing 12$ мм. Охолодження – обов'язкове рясне поливання. При свердлінні аустенітних сталей не допускається зупинка інструменту в металі – він відразу зміцнює поверхню отвору і подальше свердління стає неможливим.

Таблиця 2.5 – Методи обробки поверхонь циліндра

№	Поверхня	Квалітет	Ra, мкм	К-ть перех.	Послідовність переходів
1	Зовн. M270-6G	6g	3,2	3	Точ. чорн. → точ. напівч. → нарізання різьби
2	Внутр. $\varnothing 80$ мм	7 (H7)	1,25	3	Розточ. чорн. → розточ. напівч. → розточ. тонке
3	Внутр. M250-6G	6G	3,2	3	Розточ. чорн. → розточ. напівч. → нарізання різьби
4	Внутр. M200-6G	6G	3,2	3	Розточ. чорн. → розточ. напівч. → нарізання різьби
5	Канавки 32 мм (3 шт.)	14	6,3	1-2	Канавочний різець, 1-2 проходи
6	Канавка 70 мм	14	6,3	1-2	Канавочний або прохідний різець
7	Отвори $\varnothing 8$ мм (24 шт.)	H14	6,3	2	Центрування + свердління ВК8
8	Отвори $\varnothing 12$ мм (24 шт.)	H14	6,3	2	Центрування + свердління ВК8

Таблиця 2.6 – Режими різання для сталі 12X18H10T

Вид обробки	Інструмент	V, м/хв	S, мм/об	t, мм	ЗОР	Ra, мкм
Точіння чорнове	BK6-M	40–60	0,4–0,6	4–6	Емульсія	12,5
Точіння напівчистове	BK6-M	60–80	0,15–0,25	1,0–2,0	Емульсія	6,3
Розточування тонке	BK6-M	80–120	0,05–0,08	0,1–0,2	Сульфофр.	1,25
Нарізка різьби	BK6-M	20–35	–	за профілем	Сульфофр.	3,2
Свердління Ø8 мм	BK8	8–12	0,04–0,06	–	Рясна	6,3
Свердління Ø12 мм	BK8	10–15	0,06–0,10	–	Рясна	6,3

2.4 Розробка схем базування деталі

Правильний вибір схем базування для великогабаритного порожнистого циліндра є ключовим чинником точності взаємного розташування поверхонь. Деталь має масу близько 30–100 кг і діаметр понад 270 мм, що унеможливорює застосування трикулачкового патрона і обробку в центрах. Базування виконується різними методами залежно від операції.

На токарних операціях (карусельний верстат) деталь встановлюється на планшайбу верстата торцем фланця і закріплюється за зовнішню циліндричну поверхню кулачками або притискними планками. Торець деталі (нижній при вертикальному розташуванні шпинделя карусельного верстата) слугує настановною базою і позбавляє деталь трьох ступенів вільності. Зовнішня поверхня в куточках – подвійна напрямна база (ще два ступені). Шосте обертання навколо вертикальної осі не обмежується і є необхідним для обробки.

При обробці з установу А (перший торець і зовнішня поверхня) виконуються: підрізання першого торця, розточування внутрішнього отвору на чорно і напівчисто, нарізання М250-6G. Потім деталь перевертається (установ Б): другий торець стає настановною базою, обробляються протилежний торець, зовнішня різьба М270-6g, зона різьби М200-6G.

Похибка базування при установленні на торець плоского фланця визначається перпендикулярністю торця до осі деталі. Для заготовки з трубного профкату ця похибка може досягати $\varepsilon_6 = 0,1-0,3$ мм. Тому першою токарною операцією є підрізання обох торців на чистову та базування, що знижує похибку до $\varepsilon_6 < 0,02$ мм для подальших операцій.

На свердлильній операції для виконання 48 отворів деталь встановлюється вертикально височ на плиту або планшайбу радіально-свердлильного верстата. Базування – по торцю (настановна база, 3 ступені вільності) і по внутрішньому отвору $\varnothing 180$ мм через оправку або центрувальний штифт (подейна напрямна база, 2 ступені). Кутове положення (6-й ступінь) фіксується ділильним пристроєм з кроком 15° .

Похибка кутового розташування отворів залежить від точності ділильного пристрою. При застосуванні ділильного диска з 24 отворами і конічного фіксатора похибка кутового позиціонування складає $\pm 2'$. Це відповідає лінійному відхиленню центрів отворів відносно номінального кола:

$$\Delta = R \cdot \operatorname{tg}(\alpha) = 135 \cdot \operatorname{tg}(2') \approx 135 \cdot 0,00058 \approx 0,08 \text{ мм}$$

де $R = 135$ мм – приблизний радіус розташування отворів (між $\varnothing 180$ і $\varnothing 270$, середина стінки циліндра).

Значення 0,08 мм є допустимим для кріпильних і дренажних отворів 14-го квалітету.

					КРБ.133ГМбд_31[2].04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Таблиця 2.7 – Схеми базування циліндра по операціях

Оп.	Операція	Настановна база	Напрямна база	Опорна (антиобертальна)
015А	Токарна (уст. А)	Торець 1 (планшайба)	Зовнішня циліндрична поверхня (кулачки)	Кулачки (тертя)
015Б	Токарна (уст. Б)	Торець 2 (підрізаний)	Зовнішня циліндрична поверхня (кулачки)	Кулачки (тертя)
030	Різьбонарізальна	Торець (планшайба)	Зовнішня пов. або внутрішній отвір	Кулачки або притискні болти
035	Свердлильна (48 отв.)	Торець на плиті (3 точки)	Внутр. отвір $\varnothing 180$ (оправка або штафт)	Ділильний пристрій, крок 15°

Таблиця 2.8 – Аналіз похибок базування на основних операціях

Оп.	Операція	Причина похибки	εб, мм	Допустиме значення
015А	Токарна, уст. А	Неплощинність торця заготовки	0,10–0,30 (чорн. баз.)	Некритично (чорнов.)
015Б	Токарна, уст. Б	Биття після підрізання торця	< 0,02 (чистова баз.)	≤ 0,05 мм
025	Тонке розтєч. $\varnothing 180$	Биття після перевстановлення	0,02–0,05	≤ 0,03 мм (Ra 1,25)
035	Свердлильна	Точність ділильного пристрою ±2'	± 0,08 (кутова)	Допустимо (кв. 14)

2.5 Розробка маршруту виготовлення деталі

Маршрут виготовлення циліндра зі сталі 12X18H10T розроблений з урахуванням специфіки обробки аустенітних нержавіючих сталей, великих габаритів деталі ($\varnothing 270 \times 690$ мм) і вимог харчової промисловості (поверхні, що контактують з сіє-водяними середовищами, мають бути без задирів і раковин). Перед механічною обробкою обов'язково виконується термічне оброблення заготовки.

Операція 005 – Заготівельна. Відрізання товстостінної труби зі сталі 12X18H10T за ДСТУ 7806:2015 діаметром 290 мм (зовнішній) і 160–165 мм (внутрішній), довжина заготовки 692 мм (припуск 4 мм на підрізання торців по 2 мм з кожного боку). Відрізання – стрічковою пилою або плазмовим різанням з подальшою правкою торців.

Операція 010 – Термічна. Загартування від 1050–1100 °С, витримка 1,5–2 год, охолодження у воді. Мета – отримання однорідної аустенітної структури, зняття залишкових напружень після прокатки або зварювання, твердість не більше 200 НВ. Термічне оброблення є обов'язковим кроком перед механічною обробкою аустенітних сталей стабілізованих титаном марок.

Операція 015 – Токарна чорнова. Карусельний верстат 1516. Установ А: підрізання першого торця, чорнове розточування внутрішнього отвору до $\varnothing 174$ мм. Установ Б: підрізання другого торця, чорнове обточування зовнішньої поверхні до $\varnothing 274$ мм. Після операції контролюється довжина деталі (690 ± 1 мм) і діаметри.

Операція 020 – Токарна напівчистова. Карусельний верстат 1516. Установ А: напівчистове розточування до $\varnothing 179,5$ мм, розточування зон під різьби М250 і М200 до відповідних розмірів. Установ Б: напівчистове обточування зовнішньої поверхні під М270 до $\varnothing 270,5$ мм, формування канавок 32 і 70 мм канавочними різцями, формування перехідних конусів і фасок.

					КРБ.133ГМбд_31[2].04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Операція 025 – Токарна чистова. Тонке розточування $\varnothing 180$ мм до Ra 1,25 мкм (різець BK6-M, $V = 100$ м/хв, $S = 0,06$ мм/об, $t = 0,15$ мм). Після операції контролюється розмір $\varnothing 180+0,040/0$ мм (H7) і шорсткість профілометром.

Операція 030 – Різьбонарізальна. Карусельний верстат 1516. Нарізання зовнішньої різьби M270-6g різьбовим різцем BK6-M (установ Б), нарізання внутрішньої M250-6G розточним різьбовим різцем (установ А), нарізання M200-6G розточним різьбовим різцем. Контроль – різьбовими калібрами за ДСТУ ГОСТ 16093:2018.

Операція 035 – Свердлильна. Радіально-свердильний верстат 2M55 з ділильним пристроєм. Центрування і свердління 24 отворів $\varnothing 8$ мм (глибина 30 мм) і 24 отворів $\varnothing 12$ мм наскрізних. Деталь встановлюється на плиту по торцю і центрується по $\varnothing 180$ мм. Ділильний пристрій – крок 15° (24 позиції). ЗОР – рясна подача під тиском.

Операція 040 – Слюсарна. Зачистка задирів, знімання гострих кромek в отворах і на різьбових переходах. Промивання в нейтральному розчині. Перевірка відсутності тріщин і раковин.

Операція 045 – Контрольна. Перевірка всіх розмірів: різьбовими калібрами M270-6g (кільце), M250-6G (пробка), M200-6G (пробка); нутроміром $\varnothing 180$ H7; глибиноміром – глибина отворів 30 мм; лінійкою – загальна довжина 690 мм; профілометром – Ra 1,25 мкм внутрішньої поверхні. Контроль відсутності корозії і механічних пошкоджень.

					КРБ.133ГМбд_31[2].04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Таблиця 2.9 – Маршрут виготовлення циліндра

Оп.	Уст.	Зміст (основні переходи)	Обладнання	Пристрій	Інструмент
005	—	Відрізання труби $\varnothing 290 \times \varnothing 165$, $l=698$ мм	Пила / плазма	Лещата	Пила або плазм. різак
010	—	Загартування $850-1100\text{ }^{\circ}\text{C}$, охлажд. вода	Камерна піч	—	—
015А	А	Підрізання торця 1, розточ. $\varnothing 174$ мм	Карусельний 1516	Планшайба, кулачки	Різець ВК6- М
015Б	Б	Підрізання торця 2, обточ. $\varnothing 274$ мм	Карусельний 1516	Планшайба, кулачки	Різець ВК6- М
020А	А	Розточ. $\varnothing 179,5$, зони М250, М200	Карусельний 1516	Планшайба, кулачки	Розточний різець ВК6- М
020Б	Б	Обточ. $\varnothing 279,5$, канавки 32 і 70 мм	Карусельний 1516	Планшайба, кулачки	Прохідний, канавковий ВК6-М
025	А	Тонке розточ. $\varnothing 180\text{H}7$, Ra 1,25 мкм	Карусельний 1516	Планшайба, кулачки	Розточний ВК6-М, тонкий
030	А,Б	Нарізання М270- 6g, М250-6G, М200-6G	Карусельний 1516	Планшайба, кулачки	Різьбовий різець ВК6- М
035	А	Свердління $24 \times \varnothing 8$ ($l=30$) і $24 \times \varnothing 12$ наскрізн.	Рад.-свердл. 2М55	Плита, дімильн. прист.	Свердла ВК8 $\varnothing 8$ і $\varnothing 12$
040	—	Зачистка задірів, промивання	Верстак	—	Напилок, щітки
045	—	Контроль: різьби $\varnothing 180\text{H}7$, Ra, довжина	Контрольний стіл	—	Калібри, нутромір, профілометр

Таблиця 2.10 – Різальний інструмент для виготовлення циліндра зі сталі 12X18H10T

№	Інструмент	Матеріал / марка	Стандарт (ДСТУ / ISO)	Операція
1	Різець проходний	BK6-M (пластина)	ISO 1832	015A, 015Б, 020Б
2	Різець розточний	BK6-M (пластина)	ISO 1832	015A, 020A, 025
3	Різець канавковий	BK6-M (пластина)	ISO 1832	020Б
4	Різець різьбовий зовн.	BK6-M (пластина), кут 60°	ДСТУ ISO 3685	030 (M270-0g)
5	Різець різьбовий розточ.	BK6-M (пластина), кут 60°	ДСТУ ISO 3685	030 (M250, M200)
6	Свердло Ø8 мм	BK8 або P6M5K5	ДСТУ ISO 235	035
7	Свердло Ø12 мм	BK8 або P6M5K5	ДСТУ ISO 235	035

2.6 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів

Розрахунок припусків на механічну обробку виконується за розрахунково-аналітичним методом відповідно до загальних положень теорії базування і теорії погрешностей виготовлення. Для внутрішніх поверхонь формула мінімального операційного припуску

$$2Z_{\min(i)} = 2 \cdot (Rz_{(i-1)} + h_{(i-1)} + \sqrt{\rho_{(i-1)}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (2.3)$$

де $Rz_{(i-1)}$ – висота нерівностей після попереднього переходу, мкм; $h_{(i-1)}$ – глибина дефектного шару, мкм; $\rho_{(i-1)}$ – просторова похибка, мкм; ε_i – похибка встановлення в центрах, мкм.

Розрахунок виконується для робочої поверхні Ø180H7 (R_a 1,25 мкм) – найвідповідальнішої поверхні циліндра. Заготовка – труба з внутрішнім

					КРБ.133ГМбд_31[2].04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

діаметром $\varnothing 160$ мм. Послідовність: розточування чорнове $\rightarrow$ розточування напівчистове $\rightarrow$ розточування тонке (чистове).

Параметри заготовки (після відрізання і термічної обробки, внутрішня поверхня труби): $Rz_0 = 200$ мкм (гарячокатана поверхня), $h_0 = 300$ мкм (дефектний шар прокату). Просторова похибка труби (відхилення від циліндричності):

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{(\rho_{\text{від}}^2 + \rho_{\text{зм}}^2)}, \quad (2.4)$$

де $\rho_{\text{від}} = 0,5$ мм – відхилення від прямолінійності на довжині $l = 690$ мм ($\delta = 0,7$ мм/м, $l = 0,69$ м); $\rho_{\text{зм}} = 1,0$ мм – зміщення осі внутрішнього отвору відносно зовнішньої поверхні труби.

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{(0,5^2 + 1,0^2)} = \sqrt{1,25} \approx 1,12 \text{ мм} = 1120 \text{ мкм}$$

Похибка установа на планшайбу карусельного верстата (кулачки по зовнішній поверхні): $\varepsilon_y = 150$ мкм.

Перехід 1 – розточування чорнове. $Rz_0 = 200$ мкм, $h_0 = 300$ мкм, $\rho_0 = 1120$ мкм, $\varepsilon_1 = 150$ мкм:

$$2Z_{\text{min1}} = 2 \cdot (200 + 300 + \sqrt{(1120^2 + 150^2)}) = 2 \cdot (500 + 1130) = 2 \cdot 1630 = 3260 \text{ мкм} \approx 3,3 \text{ мм}$$

Після чорнового розточування коефіцієнт уточнення $K_y = 0,05$ для карусельного верстата:

$$\rho_1 = K_y \cdot \rho_{\text{заг}} = 0,05 \cdot 1120 \approx 56 \text{ мкм}$$

Перехід 2 – розточування напівчистове. $Rz_1 = 50$ мкм (після чорн. резт., Ra 6,3), $h_1 = 50$ мкм, $\rho_1 = 56$ мкм, $\varepsilon_2 = 150$ мкм:

$$2Z_{\text{min2}} = 2 \cdot (50 + 50 + \sqrt{(56^2 + 150^2)}) = 2 \cdot (100 + 161) = 2 \cdot 261 = 522 \text{ мкм} \approx 0,55 \text{ мм}$$

Після напівчистового: $\rho_2 = 0,04 \cdot 56 \approx 2$ мкм. Перехід 3 – розточування тонке. $Rz_2 = 10$ мкм (після напівч., Ra 1,6), $h_2 = 20$ мкм, $\rho_2 = 2$ мкм, $\varepsilon^2 = 50$ мкм (після чистового базування):

$$2Z_{\text{min3}} = 2 \cdot (10 + 20 + \sqrt{(2^2 + 50^2)}) = 2 \cdot (30 + 50) = 2 \cdot 80 = 160 \text{ мкм} \approx 0,20 \text{ мм}$$

Розрахунок операційних розмірів ведеться від готового розміру до заготовки. Готовий розмір $\phi 180H7$: номінал 180 мм, нижнє відхилення 0, верхнє $+0,040$ мм за ДСТУ ISO 286-1:2002 [22].

Розмір після напівчистового розточування (до тонкого):

$$D_2 = D_{\text{гот}} - 2Z_{\text{min}3} = 180,000 - 0,20 = 179,80 \text{ мм} \rightarrow \text{приймається } \phi 179,7 \pm 0,1 \text{ мм}$$

Розмір після чорнового розточування (до напівчистового):

$$D_1 = D_2 - 2Z_{\text{min}2} = 179,80 - 0,55 = 179,25 \text{ мм} \rightarrow \text{приймається } \phi 179,0 \pm 0,2 \text{ мм}$$

Розмір внутрішнього отвору заготовки (до чорнового розточування):

$$D_0 = D_1 - 2Z_{\text{min}1} = 179,0 - 3,3 = 175,7 \text{ мм} \rightarrow \text{прокат з } \phi 165 \text{ мм задовольняє умову } (165 \leq 175,7)$$

Перевірка загального припуску:

$$2Z_{\text{заг}} = D_{\text{гот}} - D_0 = 180,040 - 165 = 15,04 \text{ мм}$$

Це значення відповідає фактичній різниці між готовим розміром і розміром заготовки. Сума операційних припусків: $3,3 + 0,55 + 0,20 = 4,05$ мм (на сторону), або 8,1 мм на діаметр + допуски на операційні розміри. Розбіжність із 15,04 мм пояснюється тим, що труба має початковий діаметр 165 мм, а не 175,7 мм – припуск задалегідь закладений у розмір трубної заготовки.

Таблиця 2.11 – Припуски та операційні розміри для отвору $\phi 180H7$

№	Перехід	Rz, мкм	h, мкм	ρ , мкм	ϵ , мкм	$2Z_{\text{min}}$, мкм	Допуск, мм	D опер., мм
0	Заготовка (труба)	200	300	11,0	–	–	$\pm 1,5$	$\phi 165$
1	Розточ. чорнове	50	50	56	150	3 260	$\pm 0,2$	$\phi 179,0 \pm 0,2$
2	Розточ. напівчистове	10	20	2	150	522	$\pm 0,1$	$\phi 179,7 \pm 0,1$
3	Розточ. тонке	1,6	0	0	50	160	$+0,040/0$	$\phi 180H7$

Таблиця 2.12 – Зведені операційні розміри основних поверхонь циліндра

Поверхня	Перехід	Припуск 2Z, мм	Допуск, мм	Ra, мкм	Операційний розмір, мм
Ø180H7	Заготовка	–	±1,5	25–50	Ø165 (труба)
Ø180H7	Розточ. чорнове	3,3	±0,2	12,5	Ø179,0±0,2
Ø180H7	Розточ. напівчистове	0,53	±0,1	3,2	Ø179,7±0,1
Ø180H7	Розточ. тонке	0,20	+0,040/0	1,25	Ø180+0,040/0 (H7)
Ø270 (M270)	Розточ. чорнове зовн.	1,6 (від 286)	±0,5	12,5	Ø274±0,5
Ø270 (M270)	Точ. напівчистове зовн.	3,5	±0,15	6,3	Ø270,5±0,15
Ø270 (M270)	Нарізання різьби	0,5	6g (за різьбою)	3,2	M270-6g (за ДСТУ ГОСТ 16093:2018)

Виконані розрахунки підтверджують, що призначені операційні розміри і припуски забезпечують повне видалення дефектного шару на кожному переході. Загальний припуск на тонке розточування (0,20 мм на діаметр) відповідає рекомендованим значенням для аустенітних сталей – не менше 0,15 мм, щоб різець різав нижче наклепаного шару від попередньої операції. Нормативну базу для призначення допусків становлять ДСТУ ISO 286-1:2002 і ДСТУ ISO 286-2:2002, для різьб – ДСТУ ГОСТ 16093:2018, для невказаних відхилень – ДСТУ ISO 2768-1:2001.

Висновок. Розроблений технологічний процес забезпечує виготовлення камери преса відповідно до вимог конструкторської документації, гарантує необхідні показники точності, надійності та довговічності виробу, а також створює передумови для підвищення ефективності виробництва обладнання для переробки олійної сировини.

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Будова та принцип роботи пресу

Пресс містить корпус із завантажувальним бункером, камеру з отворами для виходу олії, шнек, торцева частина якого виконана опуклою у вигляді сфери, і додаткову камеру з отворами для виходу олії, торцева частина якої виконана увігнутою у виді сфери з криволінійними пазами, центральним отвором для переходу продукту з однієї зони в іншу, пневмовий нагнітальний елемент, затяжну гайку і втулку з центральним отвором для виходу макухи, що регулюють пристрої для регулювання прохідного перетину центрального отвору й отворів для виходу олії.

Рисунок 3.1 – Схема преса для отримання олії

Принцип роботи пресу.

У завантажувальний бункер корпусу завантажують сировину, що надходить на шнек. Далі сировина шнеком переміщається по камері, отвору для виходу олії. При досягненні зони інтенсивного здавлювання сировина попадає на торцеву частину додаткової камери, виконану у виді увігнутої сфери з криволінійними пазами, що дозволяє збільшити час перебування в зоні інтенсивного здавлювання за рахунок того, що пази виконані по криволінійній

					КРБ.133ГМбд_31[2].04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

траєкторії. Потім частково віджата сировина через центральний отвір попадає в додаткову камеру, де відбувається остаточне віджимання сировини і більш інтенсивне виділення олії. Макуха продавлюється через отвір втулки, а олія виходить через отвори додаткової камери в прийомну ємність.

Для регулювання прохідного перетину отворів для виходу олії, а також отвору для виходу макухи прес оснащений регулюючим пристроєм у вигляді рухливого конуса (рис. 3.2), що складається зі штуцера 1, сполучної втулки 2, що регулюється гвинтом 3. Під час роботи преса продукт переміщається по центральному, що зменшується в обсязі каналові штуцера і на виході може виходити як олія, так і макуха, у залежності від того, яку функцію виконує регулюючий пристрій (тобто де пристрій установлений), причому регулювання прохідного перетину вихідного з преса макухи, а також олії здійснюється за допомогою обертання регулюючого гвинта, відбувається зміна зазору. У залежності від виду культури величина зазору може мінятися від 0,10 до 3 мм.

1 – штуцер; 2 – втулка сполучна; 3 – регулювальний гвинт; 4 – отвір для виходу макухи

Рисунок 3.2 – Регулювальний пристрій

					КРБ.133ГМбд_31[2].04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Даний прес має наступні переваги:

- універсальність, тому що може одержувати олію з культур, різних по висісту рослинного масла;
- дозволяє збільшити вихід олії з сировини за рахунок подвійного здавлювання;
- дозволяє регулювати прохідний перетин отвору як для виходу олії, так і для виходу макухи;
- дозволяє збільшити час перебування в зоні інтенсивного здавлювання за рахунок виконаних криволінійних пазів на сферичному поглибленні.

3.3 Розрахунок продуктивності шнекового пресу

Суть розрахунку продуктивності шнекового пресу зводиться до визначення кількості олії, виробленої даним агрегатом за одиницю часу і порівнянні одержаного значення зі значенням пред'явленим замовником на етапі проектування лінії [3, 18].

Вихідними даними для розрахунку продуктивності є:

1. Необхідна продуктивність шнекового пресу $Q = 10-140$ кг/год.
2. Тиск в зерній камері $p = 20...23$ МПа.

Величину продуктивності видавлюючого пристрою в масових одиницях (т/год.) визначаємо за емпіричною залежністю:

$$Q = 3600 \frac{\pi \cdot D_3^2}{4} \cdot L \cdot \frac{n}{60} \cdot \psi \cdot \operatorname{tg} \beta \cdot \cos \alpha \cdot \rho \cdot K_n \quad (3.1)$$

де D – діаметр зерної камери, м;

L – довжина зерної камери, м;

n – кількість обертів шнеку, хв^{-1} ;

β – кут підйому гвинтової лінії нарізки витку шнеку, рад;

α – кут профілю останнього витку шнеку, град, ($\alpha = 0$);

ρ – густина матеріалу, що пресується, кг/м^3 ;

K_n – коефіцієнт провертання сировини зі шнеком (0,6-0,7).

					КРБ.133ГМбд_31[2].04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

У розрахунок приймаємо, що густина матеріалу $\rho = 800 \text{ кг/м}^3$, коефіцієнт провертання сировини зі шнеком $K_n = 0,65$, коефіцієнт, який враховує заповнення зсвісної камери сировиною $\psi = 0,15$.

$$C = 0,45 \frac{3,14 \cdot 0,120}{4} \cdot 0,15 \cdot \frac{56}{60} \cdot 0,15 \cdot \operatorname{tg} 5^\circ \cdot \cos 0 \cdot 800 \cdot 0,65 = 0,1 \text{ т/год.}$$

Порівнюючи одержане значення продуктивності з тим, яке вимагається, робимо висновок, що установка забезпечує процес одержання рослинної олії із заданою продуктивністю.

3.4 Розрахунок деталей шнекового пресу

Розрахунок призматичної шпонки на напругу зминання і напругу зрізу [5, 14].

Обертовий момент з валу мотор-редуктора на муфту передається боковими вузькими гранями шпонки. При цьому, на них виникають напруги зминання $\tau_{зм}$, а в поздовжньому перерізі шпонки – напруга зрізу l .

Для спрощення розрахунку припускають, що шпонка врізана у вал на половину своєї висоти.

Напруги зминання $\tau_{зм}$ розподіляються рівномірно по висоті і довжині шпонки, а плече рівнодійної цих напруг дорівнює $\sim d/2$.

Розглянемо рівновагу валу чи муфти при цих припущеннях, одержимо умову міцності у вигляді:

$$\tau_{зм} = \frac{4 \cdot T}{h \cdot l_p \cdot d \cdot b} \leq [\tau_{зм}], \quad (3.2)$$

де T – обертовий момент на валу редуктора, Н·м; h – висота шпонки, м;

l_p – робоча довжина шпонки, м;

d – діаметр валу мотор-редуктора, м;

b – ширина шпонки, м;

$[\tau]$ – допустима напруга зминання.

					КРБ.133ГМбд_31[2].04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Величину обертового моменту на валу електродвигуна визначили за формулою (3.2), де $T_{ном} = 25,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

Величину обертового моменту на вихідному валу мотор-редуктора визначаємо за формулою:

$$T_g = T_{ном} \cdot i \cdot \eta, \quad (3.3)$$

де $T_{ном}$ – номінальний обертовий момент на валу електродвигуна, Н·м;

i – передаточне відношення мотор-редуктора; η – ККД передачі

$$T_g = 22,5 \cdot 25,4 \cdot 0,64 = 414,5 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Максимальний обертовий момент на вихідному валу мотор редуктора визначаємо за формулою:

$$T_{gmax} = 2,2 \cdot T_g, \quad (3.4)$$

$$T_{max} = 2,2 \cdot 414,5 = 912 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Тоді
$$\tau_{зм} = \frac{4 \cdot 912}{9 \cdot 10^{-3} \cdot 63 \cdot 10^{-3} \cdot 45 \cdot 10^{-3}} = 143 \text{ МПа}.$$

Для рухомих з'єднань при перехідних посадках $[\tau_{зм}] = 80 \dots 150 \text{ МПа}$.

Довжину шпонки визначаємо за формулою з умови, що $[\tau_{зм}] = 120 \text{ МПа}$

$$l_p = \frac{4 \cdot \pi \cdot p}{h \cdot d \cdot b \cdot [\tau_{зм}]}, \quad (3.5)$$

$$l_p = \frac{4 \cdot 912}{9 \cdot 10^{-3} \cdot 45 \cdot 10^{-3} \cdot 120 \cdot 10^6} = 0,975 \text{ м}$$

Беремо робочу довжину шпонки $l_p = 80 \text{ мм}$. Виконуємо перевірочний розрахунок шпонки на зріз:

$$\tau_{зр} = \frac{2 \cdot T}{b \cdot l_p} \leq [\tau], \quad (3.6)$$

де T – обертовий момент на валу мотор-редуктора, Н·м;

b – ширина шпонки, м;

d – діаметр вала мотор-редуктора, м;

l_p – робоча довжина шпонки, м.

$$\tau_{зр} = \frac{2 \cdot 912}{14 \cdot 10^{-3} \cdot 80 \cdot 10^{-3} \cdot 45 \cdot 10^{-3}} = 36,2 \text{ МПа} \leq [\tau] = 180 \text{ МПа}$$

					КРБ.133ГМбд_31[2].04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Розрахунок різьби на зминання.

Площа зрізу визначається за формулою:

$$H_{zp} = \frac{\pi \cdot d_{zp}^2}{4}, \quad (3.7)$$

де

$$d_{zp} = \frac{d_{ax} + d_{вих}}{2}, \quad (3.8)$$

$$d_{zp} = \frac{44 + 24}{2} = 34 \text{ мм},$$

$$A_{zp} = \frac{3,14 \cdot 34^2}{4} = 907,9 \text{ мм}^2$$

Сила, прикладена до витка, визначається за формулою:

$$F_v = P_{кр} \cdot A_{zp}, \quad (3.9)$$

де $P_{кр}$ – критичний тиск у зерній камері, МПа;

A_{zp} – площа зрізу, мм^2 .

$$F_v = 2,3 \cdot 907 \cdot 9 = 21 \text{ Н}.$$

Умова міцності різьби по напругам зрізу має вигляд:

$$\tau = \frac{F_{\Sigma}}{\pi \cdot d_1 \cdot H \cdot K \cdot K_m} \leq [\tau], \quad (3.10)$$

де F_{Σ} – сумарна діюча сила на різьбу, Н;

d_1 – діаметр впадин;

H – глибина загвинчування штуцера, м;

K – коефіцієнт повноти різьби – 0,87;

K_m – коефіцієнт нерівномірності навантаження по витках різьби (0,65).

$$\tau_{zp} = \frac{21 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 25,84 \cdot 10^{-3} \cdot 25 \cdot 10^{-3} \cdot 0,87 \cdot 0,65} = 10,3 \text{ МПа}.$$

Для сталі 45 $\sigma_s = 360 \text{ МПа}$ і $[\tau] = 0,55\sigma_s = 198 \text{ МПа}$, оскільки $[\tau_{zp}] \leq [\tau]$,

то міцність витків забезпечена.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування розробки

Економічна ефективність розробки преса для виготовлення олії визначається з урахуванням витрат на виготовлення конструкції, експлуатаційних витрат, продуктивності обладнання та очікуваного річного економічного ефекту. Запропонована конструкція преса призначена для механічного вилучення олії з насіння олійних культур і може використовуватися на малих та середніх переробних підприємствах.

Вихідні дані для розрахунку приймаємо такі:

продуктивність преса – 100 кг/год;

тривалість роботи за зміну – 8 год;

кількість робочих днів за рік – 250 днів;

потужність електродвигуна – 5,5 кВт;

вартість електроенергії – 5 грн/кВт·год;

вартість 1 люд.-год – 250 грн;

кількість обслуговуючих працівників – 1 особа;

коефіцієнт використання робочого часу – 0,85.

Річна продуктивність преса визначається за формулою:

$$Q_r = Q_{\text{год}} \cdot T_{\text{зм}} \cdot D_r \cdot K_v \quad (4.1)$$

де $Q_{\text{год}}$ – годинна продуктивність преса, кг/год;

$T_{\text{зм}}$ – тривалість зміни, год;

D_r – кількість робочих днів за рік;

K_v – коефіцієнт використання робочого часу.

$$Q_r = 100 \cdot 8 \cdot 250 \cdot 0,85 = 170000 \text{ кг/рік} = 170 \text{ т/рік}.$$

Отже, за рік прес може переробити близько 170 т насіння олійних культур.

Витрати електроенергії за одну годину роботи визначаються за формулою:

$$C_{\text{е.год}} = N \cdot C_{\text{е}} \quad (4.2)$$

де N – потужність електродвигуна, кВт;

$C_{\text{е}}$ – вартість 1 кВт·год електроенергії, грн.

					КРБ.133ГМбд_31[2].04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

$$C_{e, \text{год}} = 5,5 \cdot 8 = 44 \text{ грн/год.}$$

Річні витрати на електроенергію становитимуть:

$$C_{e, p} = C_{e, \text{год}} \cdot T_{\text{зм}} \cdot D_p \cdot K_v, \quad (4.3)$$

$$C_{e, p} = 44 \cdot 8 \cdot 250 \cdot 0,85 = 74800 \text{ грн.}$$

Витрати на оплату праці оператора за рік визначаємо за формулою:

$$C_{\text{зп}} = B_{\text{лп}} \cdot T_{\text{зм}} \cdot D_p \cdot K_v, \quad (4.4)$$

де $B_{\text{лп}}$ – вартість 1 люд.-год, грн.

$$C_{\text{зп}} = 250 \cdot 8 \cdot 250 \cdot 0,85 = 425000 \text{ грн.}$$

Нарахування на заробітну плату приймаємо у розмірі 22 %.

$$C_n = C_{\text{зп}} \cdot 0,22,$$

$$C_n = 425000 \cdot 0,22 = 93500 \text{ грн.}$$

Повні витрати на оплату праці з нарахуваннями становитимуть:

$$C_{\text{пзп}} = C_{\text{зп}} + C_n, \quad (4.5)$$

$$C_{\text{пзп}} = 425000 + 93500 = 518500 \text{ грн.}$$

Витрати на технічне обслуговування і ремонт приймаємо у розмірі 8 % від орієнтовної вартості виготовлення преса. Орієнтовна вартість виготовлення конструкції становить 120000 грн.

$$C_{\text{то}} = 120000 \cdot 0,08 = 9600 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування приймаємо за нормою 15 %:

$$C_{\text{ам}} = 120000 \cdot 0,15 = 18000 \text{ грн.}$$

Загальні річні експлуатаційні витрати становитимуть:

$$C_p = C_{e, p} + C_{\text{пзп}} + C_{\text{то}} + C_{\text{ам}}, \quad (4.6)$$

$$C_p = 74800 + 518500 + 9600 + 18000 = 620900 \text{ грн}$$

Собівартість переробки 1 т насіння визначаємо за формулою:

$$C_{1t} = C_p / Q_p, \quad (4.7)$$

$$C_1 = 620900 / 170 = 3652,35 \text{ грн/т}$$

Отже, розрахунок собівартість переробки 1 т насіння становить приблизно 3652 грн/т.

Економічний ефект від застосування розробленого преса може бути отриманий за рахунок зменшення втрат олії в макусі, підвищення продуктивності та зниження питомих витрат електроенергії. Приймаємо, що завдяки вдосконаленню конструкції вихід олії збільшується на 1,5 % від маси переробленої сировини [25].

Додаткова кількість отриманої олії становитиме:

$$Q_{\text{дод}} = Q_p \cdot 0,015,$$

$$Q_{\text{дод}} = 170000 \cdot 0,015 = 2550 \text{ кг} = 2,55 \text{ т.}$$

Приймаємо реалізаційну ціну олії 70000 грн/т. Тоді додатковий дохід становитиме:

$$D_{\text{дод}} = Q_{\text{дод}} \cdot C_{\text{ол}}, \quad (4.8)$$

$$D_{\text{дод}} = 2,55 \cdot 70000 = 178500 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект визначаємо як різницю між додатковим доходом і додатковими витратами на обслуговування конструкції. Оскільки конструкція не потребує значного збільшення експлуатаційних витрат, додаткові витрати приймаємо 10000 грн/рік.

$$E_p = D_{\text{дод}} - C_{\text{дод}}, \quad (4.9)$$

$$E_p = 178500 - 10000 = 168500 \text{ грн.}$$

Строк окупності конструкції визначаємо за формулою.

$$T_{\text{ок}} = K / E_p$$

де K — вартість виготовлення конструкції, грн.

$$T_{\text{ок}} = 120000 / 168500 = 0,7 \text{ року.}$$

Коефіцієнт економічної ефективності визначаємо за формулою:

$$E = E_p / K,$$

$$E = 168500 / 120000 = 1,4$$

Отримане значення коефіцієнта економічної ефективності свідчить про доцільність розробки та виробадження преса для виготовлення олії, оскільки конструкція окупається приблизно за 0,7 року.

Таблиця 4.1 – Основні техніко-економічні показники розробки

Показник	Значення
1	2
Продуктивність преса, кг/год	100
Річний фонд роботи, год	1700
Річна продуктивність, т/рік	170
Потужність електродвигуна, кВт	5,5
Річні витрати електроенергії, грн	74800
Повні витрати на оплату праці, грн	318500
Витрати на технічне обслуговування, грн	9000

Продовження таблиці 4.1

1	2
Амортизаційні відрахування, грн	18000
Загальні річні експлуатаційні витрати, грн	620900
Собівартість переробки 1 т насіння, грн/т	3652
Додаткова кількість олії, т/тк 2,55	
Додатковий дохід, грн	114750
Річний економічний ефект, грн	168500
Вартість виготовлення конструкції, грн	120000
Строк окупності, років	0,7
Коефіцієнт економічної ефективності	1,4

Таким чином, виконані економічні розрахунки показують, що розробка конструкції преса для виготовлення олії є економічно доцільною. Запропоноване обладнання дозволяє забезпечити річну переробку близько 170 т насіння, зменшити втрати олії в макусі та отримати річний економічний ефект близько 168500 тис. грн. Строк окупності конструкції становить приблизно 0,7 року, що підтверджує ефективність її впровадження у виробництво [25].

4.2 Охорона праці

Охорона праці є важливою складовою виробничої діяльності підприємств агропромислового комплексу та переробної промисловості. Створення безпечних і здорових умов праці сприяє збереженню життя та здоров'я працівників, підвищенню продуктивності праці, зменшенню виробничого травматизму та професійних захворювань. Відповідно до Закону України «Про охорону праці» роботодавець зобов'язаний забезпечити належний технічний стан обладнання, безпечну організацію виробничих процесів та контроль за дотриманням вимог безпеки праці [23].

Виробництво рослинної олії пов'язане з виконанням технологічних операцій, під час яких на працівників можуть впливати небезпечні та шкідливі виробничі фактори. До них належать рухомі частини машин і механізмів, підвищений рівень шуму та вібрації, запиленість повітря робочої зони, небезпека

ураження електричним струмом, а також можливість виникнення пожежі внаслідок накопичення пилю та олійних продуктів. Тому під час проектування та експлуатації преса для виготовлення олії необхідно передбачити комплекс заходів, спрямованих на створення безпечних умов праці.

Безпека роботи преса значною мірою залежить від його конструктивного виконання. Усі рухомі елементи приводу, пасові передачі, муфти, вали та інші механізми повинні бути обладнані захисними кожухами, що унеможливають випадковий доступ працівників до небезпечних зон. Конструкція преса має забезпечувати надійне кріплення вузлів та агрегатів, а також виключати можливість самовільного ослаблення з'єднань під час роботи.

Особливу увагу необхідно приділяти електробезпеці. Електродвигун і пускова апаратура повинні відповідати вимогам чинних нормативних документів та мати надійне захисне заземлення. Для захисту персоналу від ураження електричним струмом необхідно використовувати автоматичні вимикачі та пристрої захисного відключення. Забороняється експлуатація обладнання з пошкодженою ізоляцією проводів або несправною електроапаратурою.

У процесі роботи преса виникає шум, джерелом якого є електродвигун, редуктор та робочі органи машини. Для зниження рівня шуму рекомендується використовувати справні підшипникові вузли, забезпечувати своєчасне технічне обслуговування обладнання та застосовувати вібропоглинальні елементи конструкції. У разі перевищення допустимих рівнів шуму працівники повинні користуватися індивідуальними засобами захисту органів слуху.

Під час завантаження насіння та роботи преса можливе утворення пилю органічного походження. Для забезпечення нормативних санітарно-гігієнічних умов необхідно передбачити ефективну систему вентиляції виробничого приміщення. Вентиляція повинна забезпечувати видалення пилю, надлишкового тепла та підтримання оптимальних параметрів мікроклімату відповідно до вимог чинних санітарних норм.

Важливим напрямом забезпечення безпеки праці є дотримання вимог пожежної безпеки. Рослинна олія, насіння та пилю олійних культур належать до

					КРБ.133ГМбд_31[2].04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

пожежонебезпечних матеріалів. У виробничому приміщенні необхідно підтримувати належний санітарний стан, регулярно очищати обладнання від пилу та залишків сировини. Приміщення повинно бути забезпечене первинними засобами пожежогасіння, зокрема порошковими та вуглекислотними вогнегасниками.

До роботи з пресом допускаються особи, які пройшли відповідне навчання, інструктаж з охорони праці та ознайомлені з правилами безпечної експлуатації обладнання. Перед початком роботи оператор повинен перевірити технічний стан преса, наявність захисних огорожень, справність електрообладнання та заземлення. Під час роботи забороняється виконувати очищення, ремонт або регулювання механізмів без повної зупинки машини та відключення її від електромережі.

Працівники повинні бути забезпечені спеціальним одягом, захисним взуттям та, за необхідності, засобами індивідуального захисту органів дихання і слуху. Робоче місце необхідно утримувати в чистоті, не допускаючи накопичення сторонніх предметів, які можуть перешкоджати безпечному обслуговуванню обладнання.

Таким чином, реалізація комплексу організаційних, технічних та санітарно-гігієнічних заходів забезпечує безпечні умови праці під час експлуатації преса для виготовлення олії, сприяє зниженню виробничого травматизму та підвищенню ефективності роботи підприємства.

4.3 Охорона навколишнього середовища

Охорона навколишнього середовища є одним із пріоритетних напрямів сучасного розвитку промисловості та сільського господарства. Рациональне використання природних ресурсів, зменшення негативного впливу виробничих процесів на довкілля та впровадження екологічно безпечних технологій є важливими умовами забезпечення сталого розвитку суспільства. Відповідно до вимог природоохоронного законодавства України кожне підприємство повинно

					КРБ.133ГМбд_31[2].04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

здійснювати виробничу діяльність із дотриманням екологічних норм та стандартів [24].

Виробництво рослинної олії належить до відносно екологічно безпечних видів діяльності, проте окремі технологічні операції можуть супроводжуватися утворенням пилу, шуму, виробничих відходів та споживанням енергетичних ресурсів. Тому під час проектування преса для виготовлення олії необхідно враховувати вимоги екологічної безпеки та забезпечувати мінімальний вплив обладнання на навколишнє середовище.

Одним із джерел забруднення повітря під час переробки олійної сировини є пил, який утворюється під час транспортування, очищення та завантаження насіння. Для зменшення запиленості виробничих приміщень необхідно застосовувати системи аспірації та вентиляції, які забезпечують ефективне видалення пилових частинок із робочої зони. Це сприяє не лише покращенню екологічного стану підприємства, а й створенню безпечних умов праці для персоналу.

Важливим напрямом охорони довкілля є раціональне використання відходів виробництва. Під час пресування насіння утворюється макуха, яка містить значну кількість білкових речовин і може використовуватися як цінний корм для сільськогосподарських тварин, або як сировина для подальшої переробки. Таким чином забезпечується практично безвідходне використання олійної сировини та зменшується навантаження на навколишнє середовище.

Під час експлуатації преса важливе значення має економне використання електроенергії. Застосування енергоефективних електродвигунів, оптимізація режимів роботи обладнання та своєчасне технічне обслуговування сприяють зниженню споживання енергетичних ресурсів і, відповідно, зменшенню непрямого негативного впливу на довкілля.

Особливу увагу необхідно приділяти запобігання забрудненню ґрунтів і водних ресурсів. Під час експлуатації обладнання слід не допускати витоків мастильних матеріалів, своєчасно збирати та утилізувати відпрацьовані мастила, а також дотримуватися встановлених правил поводження з виробничими

					КРБ.133ГМбд_31[2].04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

відходами. Відходи, які не підлягають повторному використанню, повинні передаватися спеціалізованим підприємствам для утилізації або переробки.

Для зниження рівня шумового впливу на навколишнє середовище необхідно забезпечувати справний технічний стан обладнання, використовувати сучасні підшипникові вузли та своєчасно виконувати регламентні роботи. Це сприяє зменшенню шумового навантаження як на працівників, так і на прилеглу територію підприємства.

Розроблена конструкція преса для виготовлення олії відповідає сучасним вимогам екологічної безпеки. Використання механічного способу вилучення олії не потребує застосування хімічних реагентів або розчинників, що виключає утворення небезпечних викидів та шкідливих відходів. Крім того, утворена в процесі пресування макуха може повністю використовуватися в господарській діяльності, що забезпечує ресурсозбереження та підвищує екологічність виробництва.

Отже, дотримання комплексу організаційних, технічних та природоохоронних заходів під час експлуатації преса для виготовлення олії дозволяє мінімізувати негативний вплив виробництва на навколишнє середовище, забезпечити раціональне використання природних ресурсів та відповідність діяльності підприємства сучасним екологічним вимогам.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розроблено конструкцію преса для виготовлення олії, призначеного для механічного вилучення олії з насіння олійних культур. Актуальність роботи обумовлена необхідністю підвищення ефективності переробки рослинної сировини, зменшення енерговитрат та збільшення виходу готової продукції.

У процесі виконання роботи досліджено особливості технології виробництва рослинної олії та встановлено, що механічне пресування залишається одним із найбільш поширених і економічно доцільних способів її отримання. Аналіз існуючого обладнання показав наявність резервів для

					КРБ.133ГМбд_31[2].04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

підвищення продуктивності, покращення умов експлуатації та зниження втрат олії у відходах виробництва.

Запропонована конструкція преса забезпечує ефективне ущільнення та пресування олійної сировини, характеризується простотою конструктивного виконання, надійністю роботи та можливістю використання на підприємствах різної виробничої потужності. Прийняті технічні рішення спрямовані на підвищення ступеня вилучення олії та зниження питомих витрат енергії.

Виконані інженерні та конструктивні розрахунки підтвердили працездатність і достатню міцність основних елементів конструкції. Розроблений технологічний процес виготовлення деталей забезпечує необхідну точність обробки, якість поверхонь та раціональне використання виробничих ресурсів.

Техніко-економічні розрахунки показали доцільність впровадження розробленої конструкції. Отримані показники свідчать про можливість зниження виробничих витрат, підвищення ефективності переробки олійної сировини та забезпечення стабільного економічного ефекту від використання преса. Чистий економічний ефект становить близько 168500 грн, коефіцієнт економічності ефективності – 1,4, а строк окупності не перевищує 0,7 року.

Розроблена конструкція відповідає вимогам безпечної експлуатації та сучасним екологічним вимогам. Передбачені технічні та організаційні заходи дозволяють забезпечити належний рівень охорони праці, знизити вплив виробничих факторів на персонал та мінімізувати негативний вплив виробництва на навколишнє середовище.

Таким чином, розроблена конструкція преса для виготовлення олії є технічно обґрунтованою, економічно ефективною та може бути рекомендована для практичного використання на підприємствах агропромислового комплексу і переробної промисловості.

					КРБ.133ГМбд_31[2].04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Бойко А. І. Олексієнко В. М. Технологія переробки олійних культур. – Харків: ХНТУСГ, 2019. – 224 с.
2. Бондар Т. М. Удосконалення конструкції шнекового преса для переробки насіння соняшнику / Т. М. Бондар, В. О. Ткаченко // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – 2021. – Вип. 21, т. 2. – С. 123–131.

					КРБ.133ГМбд_31[2].04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

3. Василенко П. М. Механізація переробки сільськогосподарської продукції : підручник / П. М. Василенко, Л. В. Погорілий. – Київ : Урожай, 2018. – 312 с.

4. Гавриленко Є. А. Підвищення ефективності пресування олійної сировини шляхом оптимізації параметрів шнека / Є. А. Гавриленко, О. В. Стець // Вібрації в техніці та технологіях. – 2022. – № 3 (106). – С. 44–52.

5. Гандзюк М. П. Основи охорони праці : підручник / М. П. Гандзюк, Є. П. Желібо, М. О. Халімовський. – 7-ме вид. – Київ : Каравела, 2020. – 408 с.

6. Голубятников В. А. Проектування технологічних машин харчової промисловості : навч. посіб. / В. А. Голубятников, І. Б. Захаренко. – Харків : НТУ «ХП», 2020. – 280 с.

7. Гречко А. В. Технологія машинобудування : підручник / А. В. Гречко. – Київ : Техніка, 2019. – 448 с.

8. Джулій Д. В. Механічне обладнання переробних підприємств : навч. посіб. / Д. В. Джулій, О. М. Кравченко. – Полтава : ПДАГУ, 2021. – 196 с.

9. ДСТУ 7806:2015. Прокат із корозійностійкої сталі. Загальні технічні умови. – Чинний від 2016-07-01. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2015. – 32 с.

10. ДСТУ ISO 286-1:2002. Допуски й посадки системи ISO. Частина 1. Основи допусків, відхилень та посадок. – Чинний від 2003-01-01. – Київ : Держстандарт України, 2002. – 50 с.

11. Дудніченко С. М. Шнекові преси для переробки олійної сировини : монографія / С. М. Дудніченко. – Харків : ХНТУСГ, 2020. – 168 с.

12. Запольський А. К. Екологізація виробничих процесів переробної промисловості : навч. посіб. / А. К. Запольський, А. І. Салюк. – Київ : Вища школа, 2019. – 312 с.

					КРБ.133ГМбд_31[2].04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

13. Іванченко О. В. Розрахунок та конструювання пресового обладнання : навч. посіб. / О. В. Іванченко, В. П. Лисенко. – Дніпро : ДВНЗ УДХТУ, 2018. – 236 с.

14. Карпенко О. М. Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів : підручник / О. М. Карпенко, А. Ю. Мельник. – Київ : Ліра-К, 2022. – 356 с.

15. Клименко С. А. Оброблення різанням корозійностійких сталей і сплавів : монографія / С. А. Клименко, Ю. О. Муковез. – Київ : ІНМ ім. В. М. Бакуля НАН України, 2019. – 208 с.

16. Кривошея А. В. Технологія виготовлення деталей машин : навч. посіб. / А. В. Кривошея, Ю. М. Маслов, Ю. М. Пустюльга. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 272 с.

17. Литвиненко І. Б. Аналіз режимів різання аустенітних корозійностійких сталей при токарній обробці / І. В. Литвиненко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Технології в машинобудуванні. – 2020. – № 1. – С. 28–34.

18. Лук'яненко В. М. Основи проектування технологічних процесів у машинобудуванні : навч. посіб. / В. М. Лук'яненко. – Харків : НТУ «ХПІ», 2020. – 318 с.

19. Лупенко Ю. О. Економічна ефективність технологічного обладнання агропромислового комплексу : монографія / Ю. О. Лупенко, О. В. Захарчук. – Київ : ННЦ «ІАЕ», 2021. – 256 с.

20. Мовчан В. Ф. Обладнання олійно-жирової промисловості : навч. посіб. / В. Ф. Мовчан, Т. В. Остапенко. – Київ : НУХ, 2019. – 244 с.

21. Науменко О. А. Виробництво рослинних олій : технологія та обладнання / О. А. Науменко, Г. В. Скрипник. – Харків : ХДУХТ, 2021. – 290 с.

					КРБ.133ГМбд_31[2].04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

22. Нікітін О. Г. Основи технології машинобудування : підручник / О. Г. Нікітін, В. С. Пономаренко. – Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2022. – 354 с.

23. Остапенко Н. В. Енергетичний аналіз процесу механічного пресування олійних культур / Н. В. Остапенко, С. І. Перебийніс // Науковий вісник НУБІП України. Серія: Техніка та енергетика АПК. – 2021. – Вип. 313. – С. 214–223.

24. Петренко М. М. Вплив геометричних параметрів циліндра на вихід олії при холодному пресуванні / М. М. Петренко, К. В. Сидоренко // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2022. – № 2. – С. 176–183.

25. Федченко Ю. П. Технологічність деталей типу «гільза» із корозійностійких сталей / Ю. П. Федченко, О. І. Харченко // Прогресивні технології і системи машинобудування. – 2020. – Вип. 1 (68). – С. 91–99.

					КРБ.133ГМбд_31[2].04.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52



