

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Навчально-науковий Інженерно-технічний
інститут ім. акад. І.С.Гулого

Кафедра Машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв

«До захисту в ЕК»

Директор інституту (декан факультету)

(підпис) Сергій БЛАЖЕНКО
(ім'я та прізвище)

«__» _____ 2025р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

(підпис) Олександр ГАВВА
(ім'я та прізвище)

«__» _____ 2025р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

зі спеціальності 133 "Галузеве машинобудування"
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Інжиніринг харчових та біотехнологічних
виробництв

на тему: Модернізація малогабаритної дробарки томатів продуктивністю 5
тонн/год.

Виконав: здобувач 4 курсу, групи ОХ-4-2

Карпенко Олександр Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) _____ (підпис)

Керівник Бабко Євген Миколайович
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) _____ (підпис)

Консультанти Юрій БОЙКО
(ім'я та прізвище) _____ (підпис)

(ім'я та прізвище) _____ (підпис)

(ім'я та прізвище) _____ (підпис)

Рецензент _____
(ім'я та прізвище) _____ (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____

(підпис)

Київ - 2025р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С.Гулого

Кафедра Машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

(код і назва)

Освітньо-професійна програма «Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв»

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАХФВ

проф. Олександр ГАВВА.

“ ” 2025 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Карпенко Олександр Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Модернізація малогабаритної дробарки томатів продуктивністю 5 тонн/год .»

керівник роботи Бабко Євген Миколайович доцент, кандидат технічних наук

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

затверджені наказом закл. вищої осв. від «10»квітня 2025 р. № 218-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 03.06.2025р.

3. Вихідні дані до роботи технічний паспорт обладнання; кресленики обладнання; навчальна, нормативна та спеціальна література

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) анотація, зміст; вступ; порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі; техніко-економічне, обґрунтування; характеристика вихідної сировини і готового продукту; опис запропонованого технічного рішення, будова та принцип роботи; вибір конструкційних матеріалів; розрахункова частина; технологічний маршрут виготовлення деталі; вимоги щодо монтажу, експлуатації та ремонту; опис система управління; заходи щодо охорони праці; висновки; список використаних літературних джерел, специфікація.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Загальний вигляд обладнання – 1 аркуш; Складальні одиниці обладнання – 3

аркуш; Технологія машинобудування – 1 аркуш; Машинно-апаратурнаа схема – 1 аркуш.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Технологія машинобудування</i>	<i>Бойко Ю.І., доц. кафедри МАХФВ</i>		

7. Дата видачі завдання: «31» 03 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Анотація, зміст,</i>	03.04.2025р.	
2	<i>Вступ</i>	06.04.2025р.	
3	<i>Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі</i>	10.04.2025р.	
4	<i>Техніко-економічне, обґрунтування</i>	17.04.2025р.	
5	<i>Характеристика вихідної сировини і готового продукту</i>	24.04.2025р.	
6	<i>Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи.</i>	30.04.2025р.	
7	<i>Вибір конструкційних матеріалів</i>	02.05.2025р.	
8	<i>Розрахункова частина</i>	10.05.2025р.	
9	<i>Технологічний маршрут виготовлення деталі</i>	14.05.2025р.	
10	<i>Вимоги щодо монтажу, експлуатації та ремонту.</i>	18.05.2025р.	
11	<i>Опис системи управління</i>	21.05.2025р.	
12	<i>Заходи щодо охорони праці</i>	24.05.2025р.	
13	<i>Висновки,</i>	27.05.2025р.	
14	<i>Графічна частина: 6 аркуши формату А1</i>	28.05.2025р.	
15	<i>Список використаних літературних джерел</i>	28.05.2025р.	
	<i>Подача ДП на кафедру</i>	03.06.2025р.	

Здобувач

(підпис)

Олександр КАРПЕНКО

(ім'я, прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

Євген БАБКО

(ім'я, прізвище)

Анотація

У дипломному проєкті розглянуто питання підвищення ефективності роботи малогабаритної дробарки для переробки томатів продуктивністю 5 т/год шляхом її модернізації. Основною метою проєкту стало впровадження системи автоматичної внутрішньої мийки СІР (Clean-in-Place), що дозволяє виконувати очищення обладнання без демонтажу його основних вузлів.

У межах роботи проведено аналіз існуючих конструкцій обладнання аналогічного призначення, досліджено властивості вихідної сировини, сформовано технічне обґрунтування модернізації. Детально розглянуто конструктивну схему оновленої дробарки, описано принцип її дії, визначено матеріали для виготовлення основних вузлів. Розрахункова частина включає гідравлічний розрахунок СІР-мийки, оцінку ефективності мийного процесу, теплове навантаження та вібраційні характеристики ножового вузла.

У роботі наведено заходи з охорони праці, екологічної безпеки та енергозбереження. Запропоновані технічні рішення дають змогу знизити витрати води, електроенергії та мийних засобів, підвищити рівень гігієнічності, автоматизувати процеси обслуговування та підвищити загальну надійність обладнання. Отримані результати можуть бути впроваджені на підприємствах переробної та консервної галузі.

Ключові слова: дробарка, томати, СІР-мийка, модернізація, подрібнення, санітарна обробка, харчове обладнання, гігієна, енергоефективність.

Abstract

The thesis project addresses the issue of increasing the efficiency of a compact tomato crusher with a capacity of 5 tons per hour by means of modernization. The primary goal of the project is the implementation of a Clean-in-Place (CIP) automatic cleaning system, which enables internal washing of the equipment without dismantling its main units.

The study includes an analysis of existing machines with similar functions, evaluation of the properties of raw materials, and a technical rationale for the modernization approach. The project presents a detailed description of the updated crusher's structure, working principle, and material selection for key components. The calculation section includes the hydraulic design of the CIP system, assessment of its cleaning efficiency, thermal load analysis, and vibration characteristics of the cutting unit.

The thesis also covers occupational safety measures, environmental protection considerations, and energy efficiency improvements. The proposed technical solutions reduce water and energy consumption, minimize the use of cleaning agents, improve sanitary conditions, automate maintenance processes, and enhance overall equipment reliability. The outcomes of this project can be applied in small and medium-sized processing and canning enterprises.

Keywords: crusher, tomatoes, CIP cleaning, modernization, crushing, sanitary processing, food equipment, hygiene, energy efficiency.

ЗМІСТ

Анотація.....	стор.
Вступ.....	
1. Аналіз існуючого обладнання аналогічного призначення.....	
2. Техніко – економічне та соціальне обґрунтування.....	
3. Характеристика вихідної сировини і готового продукту.....	
4. Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип дії модернізованого обладнання.....	
5. Підбір конструкційних матеріалів.....	
6. Розрахункова частина.....	
7. Розрахунок технології виготовлення окремих деталей.....	
8. Правила монтажу, експлуатації та ремонту обладнання.....	
9. Система управління.....	
10. Охорона праці.....	
11. Охорона довкілля.....	
Висновки.....	
Список використаних літературних джерел.....	
Додатки.....	

Вступ

У сучасних умовах розвитку харчової промисловості важливим завданням є забезпечення населення якісними та безпечними продуктами харчування. Ефективна організація цього процесу потребує наявності потужної матеріально-технічної бази, включно з високопродуктивним і надійним обладнанням для переробки сировини. Важливою ланкою в ланцюгу механічної обробки харчових продуктів є процес подрібнення, який широко використовується на підприємствах усіх масштабів — від великих заводів до малих переробних цехів.

Подрібнення рослинної сировини, зокрема томатів, — це один із ключових етапів при виробництві паст, пюре, соків та інших пюреподібних продуктів. Від якості подрібнення залежить однорідність, консистенція та споживчі характеристики готового виробу. У практиці переробки широко використовуються дробарки різних типів — розмелювальні, протиральні, нарізальні. Проте особливо актуальним є використання дискових дробарок компактних розмірів, які здатні забезпечити високу продуктивність при мінімальних габаритах і енерговитратах.

Сучасні вимоги до такого обладнання включають можливість регулювання ступеня подрібнення, надійність конструкції, легкість обслуговування та очищення, а також санітарно-гігієнічну безпеку. Саме останній аспект набуває все більшої ваги, оскільки залишки продукту після завершення циклу переробки можуть спричинити мікробіологічне забруднення наступних партій. Відсутність ефективного миття або складність розбирання обладнання створює потенційні ризики для споживача.

У цьому контексті модернізація обладнання, зокрема впровадження CIP-системи (clean-in-place) — автоматизованого внутрішнього миття без демонтажу вузлів, є актуальним і обґрунтованим рішенням. Вона дозволяє істотно зменшити час, витрати і трудові ресурси, необхідні для очищення дробарки, підвищити рівень безпеки виробництва, а також забезпечити відповідність міжнародним стандартам якості.

Метою даної дипломної роботи є розроблення техніко-технологічного рішення з модернізації малогабаритної дробарки томатів шляхом інтеграції CIP-системи, що дозволить підвищити ефективність експлуатації обладнання, покращити санітарну обробку та зменшити загальні виробничі витрати.

1. Аналіз існуючого обладнання аналогічного призначення

Технологія первинної обробки рослинної сировини

У сучасному виробництві овочевих і фруктових консервів широке застосування знайшли технології, засновані на протиранні рослинної сировини. Їх основне завдання — отримання готової продукції у вигляді пюре або суспензії, що включає рідку фазу з частками клітинних тканин. Такий підхід дає змогу виготовляти соки з м'якоттю, овочеві та фруктові пасти, пюреподібні напівфабрикати. Використання подібних методів дозволяє максимально ефективно переробити сировину та залучити до харчового використання більшість її складників.

На рисунку 1.1 представлено схему ділянки з первинної переробки овочів і фруктів, в якій передбачено використання дробарки (поз. 5) як одного з ключових вузлів.

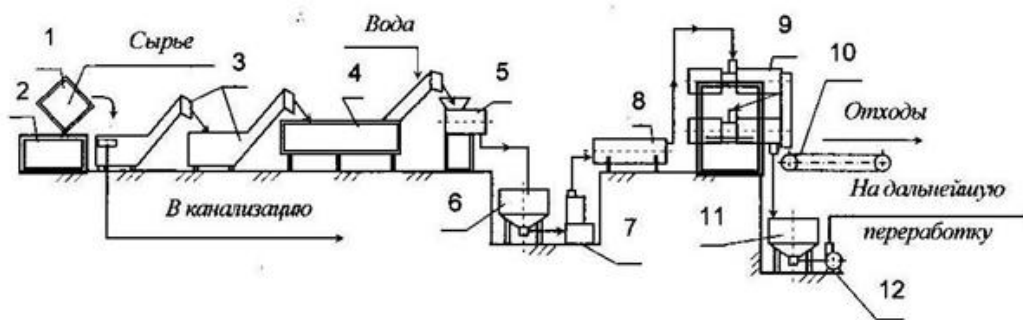


Рис. 1.1 – Схема первинної переробки плодово-овочевої сировини з використанням протиральної технології:

1 – тара (контейнер); 2 – перекидач тари; 3 – мийний апарат; 4 – транспортер візуального контролю; 5 – дробарка; 6, 11 – проміжні ємності; 7, 12 – насоси; 8 – теплообмінне обладнання; 9 – протиральна машина подвійного типу; 10 – транспортер для відходів.

У подібній технологічній лінії операція подрібнення відіграє критично важливу роль. Завдяки дробленню плоди й овочі перетворюються на гомогенну масу, що легко транспортується насосами, не потребуючи додаткової механічної дії. Отримана суспензія безперешкодно подається до теплообмінника, де відбувається її нагрівання до заданої температури. Після цього напівфабрикат спрямовується до протиральної машини, де здійснюється остаточне розділення компонентів. У

результаті тверді залишки, що містять небажані баластні тканини, виводяться у відходи, тоді як корисна маса переходить у харчовий продукт з виходом 95–97 %.

Цикл обробки, який поєднує механічне подрібнення з термічним впливом, зазвичай називають термомеханічною підготовкою. Вона спричиняє глибоку трансформацію структури сировини: руйнуються клітинні стінки, послаблюються внутрішньотканинні зв'язки, знижується жорсткість матеріалу. Це суттєво полегшує наступне протирання. Залежно від типу сировини та необхідного ступеня переробки, технологи підбирають оптимальну комбінацію параметрів: ступінь подрібнення, температуру та тривалість нагріву, що дозволяє досягти максимального виходу продукту.

Цікаво, що деякі плоди, наприклад стиглі яблука, абрикоси, сливи чи вишні, мають настільки м'яку структуру, що можуть оброблятися без попереднього нагрівання. У таких випадках достатньо протирання в сирому вигляді, що дозволяє зберегти більше вітамінів і підвищити поживну цінність кінцевого продукту. Такий підхід актуальний для виробництва натуральних пюре та соків, орієнтованих на споживача, який цінує здорове харчування.

Аналіз принципів механічного подрібнення та класифікації обладнання

Процес подрібнення є різновидом механічної обробки, при якій на сировину діють робочі елементи машини з такою інтенсивністю, що деформація продукту переходить межу пружного стану й викликає незворотні руйнування його структури. Саме тому під час вибору способу подрібнення важливо враховувати фізико-механічні властивості об'єкта — зокрема, пружність, в'язкість і пластичність.

Пружністю називають здатність матеріалу відновлювати первинну форму після припинення зовнішнього навантаження. Величина цього ефекту описується модулем пружності. Однак більшість продуктів харчового походження — включно з овочами — не є ідеально пружними тілами. У них проявляються такі властивості, як релаксація напружень (зменшення сили в умовах сталої деформації) та повзучість (зростання деформації при постійному навантаженні). Через це харчову сировину слід розглядати як в'язкопластичні або в'язко-пружні середовища.

На ефективність подрібнення також впливають інші параметри, зокрема:

- коефіцієнт Пуассона (μ), що характеризує розподіл деформацій у поперечному та подовжньому напрямках,
- коефіцієнт тертя (f), який впливає на контактну взаємодію з ножами або стінками,
- гранична контактна напруга ($\sigma_{кр}$) — значення навантаження, при якому відбувається руйнування тканин.
- Залежно від типу навантаження, яке прикладається до сировини, розрізняють кілька основних механізмів подрібнення:
- розривання — за рахунок зусиль розтягування,
- роздавлювання — при дії стиснення,
- розмелювання — під час вигину матеріалу,
- зсув — при ковзанні одного шару продукту відносно іншого,
- різання — через локальне підвищення тиску до критичних значень на обмеженій площі контакту (ріжуча дія).

Кінцева мета процесу подрібнення — досягнення необхідного ступеня дисперсності та заданої форми частинок, що відповідає технологічним вимогам до продукту (наприклад, приготування однорідного томатного пюре або пасти). Вибір конкретного обладнання базується на співвідношенні між механічними властивостями продукту, необхідною продуктивністю та характеристиками кінцевого напівфабрикату.

Сучасні машини для подрібнення харчових продуктів можна класифікувати за типом механічного впливу на три основні категорії:

дробильні та розмелювальні апарати — для первинного або грубого подрібнення (овочі, фрукти, сировина для соків і пюре);

протиральні машини — для подрібнення попередньо термічно обробленої сировини або м'яких фруктів;

нарізальні пристрої — для формування скибочок, кубиків, стовпчиків тощо.

У харчовій галузі, зокрема на підприємствах із переробки овочів, механізація

процесів подрібнення відіграє ключову роль. Вона суттєво впливає не лише на швидкість і якість виробництва, а й на зниження витрат ручної праці, підвищення санітарної безпеки, зменшення втрат сировини, а також на загальну рентабельність підприємства. Рівень механізації та автоматизації безпосередньо визначає конкурентоспроможність сучасного харчового виробництва.

Опис технологічного процесу подрібнення

Подрібнення овочевої сировини здійснюється за допомогою ножів, які відрізняються формою та типом заточування. Такі ріжучі елементи зазвичай виготовляють із високоміцних інструментальних сталей, зокрема марок У7, У9, У7А, У9А, а також хромистих сталей типу 9ХС або ШХ15. Вибір матеріалу зумовлений необхідністю забезпечити тривалий строк експлуатації ножів та стійкість до зношування при роботі з соковитою або волокнистою рослинною сировиною.

Ножі можуть мати одностороннє або двостороннє заточування. У кожному випадку геометрія леза підбирається залежно від типу продукту та необхідного ступеня подрібнення. Наприклад, одностороннє загострення створює ефективні умови для різання м'якої сировини, тоді як двостороннє краще підходить для більш щільних або волокнистих матеріалів.

Розрізання продукту відбувається лише тоді, коли ніж виконує одночасно два силових рухи: поперечний і поздовжній щодо ріжучої кромки. Така комбінація дозволяє мікроскопічним зубцям на лезі розривати тканини та волокна продукту із меншою деформацією. Якщо ж рух здійснюється тільки перпендикулярно до леза, то замість різання відбувається рубка, яка менш ефективна, вимагає більше зусиль і може призводити до пошкодження структури продукту.

При подрібненні щільних чи важко деформованих продуктів, наприклад, кісточкових або грубоструктурних овочів, на ріжучому елементі формують зубці із малим кутом заточування. У такому разі подрібнення наближається до процесу розпилювання, що дозволяє зменшити тертя, енергоспоживання та уникнути перегріву інструменту.

Продукт, що подається до зони різання, зазвичай рухається за допомогою транспортного механізму. При цьому на нього одночасно впливають рухомий ніж, який обертається або здійснює зворотно-поступальні рухи, і силовий вплив з боку напрямної або штовхального пристрою. Векторна сума швидкостей руху продукту та ножа формує результативну швидкість дії леза, яка прямо впливає на якість та ефективність подрібнення.

Коефіцієнт ковзання ножа по поверхні сировини є важливим показником. Він залежить від співвідношення швидкостей подачі продукту та руху ножа. Чим більша ковзна складова, тим менше виникає стиснення і роздавлювання, що дозволяє отримати рівніший і чистіший зріз. З іншого боку, при надто високій швидкості подачі продукту коефіцієнт ковзання знижується до нуля, і процес знову наближається до рубання.

Ефективність ріжучого впливу також визначається складовими сили, яка прикладається до продукту: одна її частина спрямована перпендикулярно до леза й спричиняє стискання, інша — вздовж леза, що відповідає за власне розрізання. Зменшення деформувального зусилля забезпечує не лише економію енергії, а й збереження структури корисних компонентів у продукті. Швидкість обертання або руху ножів зазвичай варіюється в межах від 1 до 30 м/с, тоді як швидкість подачі сировини істотно нижча — приблизно у 10–60 разів.

Таким чином, для якісного подрібнення важливо забезпечити оптимальне співвідношення між рухом ножа та швидкістю подачі сировини. Це дозволяє досягти високої якості продукту, зменшити втрати поживних речовин і знизити енерговитрати в усьому процесі.

Аналіз сучасного обладнання для подрібнення овочевої сировини (на прикладі томатів)

На сучасному етапі розвитку харчової промисловості технології первинної обробки овочів активно модернізуються, зокрема це стосується машин для подрібнення, які виконують ключову функцію в лініях переробки томатної сировини. Подрібнення — одна з найвідповідальніших операцій, адже від якості

виконання цього етапу залежить консистенція, в'язкість та однорідність готового пюре чи пасти, а також ефективність наступних процесів — протирання, нагрівання, фасування.

Сучасне обладнання для подрібнення томатів умовно поділяється на три основні типи: дискові дробарки, шнекові подрібнювачі та ударно-роторні машини. Найбільш поширеними у промислових умовах залишаються саме дискові дробарки, що поєднують ефективність, надійність і простоту обслуговування.

У таких дробарках подрібнення здійснюється за рахунок обертання ріжучих дисків або ножів, розташованих на валу. Вони можуть мати пряму, косу або серповидну форму, що дозволяє адаптувати машину до сировини різної структури — від м'яких стиглих плодів до щільніших сортів томатів із товстою шкіркою. Ножі виготовляються з високовуглецевих або хромованих сталей з термообробкою, що забезпечує тривалий ресурс і стійкість до корозії.

Особливу увагу в сучасних машинах приділяють регулюванню зазору між ножами і протиризальними елементами, що дозволяє точно налаштовувати ступінь подрібнення. Це важливо при виробництві пюре, паст, кетчупу чи соків із м'якоттю, де консистенція є критичним параметром якості.

Одним із напрямів удосконалення обладнання є інтеграція систем автоматичного керування та моніторингу стану ножів. Багато моделей оснащено сенсорами навантаження, що дозволяють зупинити машину у разі перевантаження або пошкодження сировини сторонніми предметами. Це підвищує безпечність і знижує ризик простоїв.

Ще одним трендом є застосування вбудованих CIP-систем (Clean-In-Place) для внутрішнього миття дробарки без її розбирання. Такі системи дозволяють швидко і якісно очищати ріжучі камери від залишків томатної маси, що значно зменшує витрати води, часу та людських ресурсів. В умовах виробництва продукції із скороченим терміном зберігання це має велике значення для підтримання санітарного стану обладнання.

Для малих і середніх підприємств також набули поширення компактні

подрібнювачі з універсальними роторними вузлами, що дозволяють працювати з різними овочами, змінюючи лише набір ножів або швидкісні режими. Це зручно при виробництві асортиментної лінії — наприклад, томатно-перцевих соусів, овочевих пюре тощо.

Окремо варто згадати енергоефективні моделі з частотними перетворювачами, які дозволяють плавно регулювати оберти ножового блоку, зменшують споживання електроенергії та продовжують термін служби двигуна.

Таким чином, сучасне обладнання для подрібнення томатів орієнтоване на:

- забезпечення стабільної якості подрібненої маси,
- підвищення продуктивності при зниженні експлуатаційних витрат,
- впровадження автоматизації та функцій самодіагностики,
- покращення санітарно-гігієнічних умов обробки за рахунок CIP-систем.

Прове

2. Техніко – економічне та соціальне обґрунтування

Модернізація харчового обладнання є необхідним кроком для забезпечення ефективної, стабільної та конкурентоспроможної роботи підприємства. Зі зростанням вимог до якості продукції, санітарних норм, енергоощадності та автоматизації виробничих процесів, виникає потреба у впровадженні нових технічних рішень, здатних підвищити надійність і результативність основного технологічного устаткування.

У випадку малогабаритної дробарки для переробки томатів, особливо актуальним є питання гігієнічного миття обладнання після кожного виробничого циклу. Сама природа томатної маси — її висока кислотність, вологість, здатність швидко псуватися — потребує ретельного й регулярного очищення внутрішніх поверхонь дробильної камери, зони ножів, вихідного патрубку. Традиційне миття вручну є трудомістким, не завжди ефективним і потребує зупинки виробничого процесу на тривалий час. У результаті підприємство несе додаткові витрати на обслуговування, втрачений робочий час, воду та мийні засоби.

Рішенням цих проблем є впровадження CIP-системи (clean-in-place) – автоматизованої внутрішньої мийки без розбирання обладнання. В рамках модернізації передбачено встановлення розпилювальних форсунок у дробильну камеру, приєднання штуцерів для подачі мийних розчинів та інтеграцію CIP-контурів з баком, насосом і блоком керування. Такий підхід забезпечує ретельне очищення всіх поверхонь, що контактують із продуктом, без залучення ручної праці.

З технічної точки зору, впровадження CIP дає змогу:

- скоротити час санітарної обробки у 2–3 рази;
- зменшити витрати води та мийних засобів до 40–60 %;
- знизити знос розбірних вузлів, адже потреба в частому розбиранні відпадає;
- підвищити загальний коефіцієнт готовності обладнання;
- стабілізувати мікробіологічні показники продукції.

Економічна ефективність модернізації підтверджується скороченням простоїв лінії, зменшенням витрат на обслуговування, а також зниженням ризиків браку або

відкликання продукції через санітарні відхилення. Уже на другий-третій рік експлуатації СІР-системи інвестиції у її впровадження можуть бути повністю окуплені за рахунок зменшення непрямих витрат.

Соціальний ефект також є вагомим: автоматизація мийки покращує умови праці, оскільки працівникам не потрібно виконувати важку та вологу роботу вручну, що зазвичай пов'язано з агресивним середовищем і ризиком травматизму. Крім того, підвищується мотивація персоналу, знижується плинність кадрів і забезпечується кращий контроль за дотриманням санітарно-гігієнічних вимог.

З урахуванням зазначених технічних, економічних і соціальних чинників, впровадження СІР-мийки у конструкцію малогабаритної дробарки томатів є доцільним, актуальним і повністю виправданим з позиції розвитку сучасного харчового виробництва.

3. Характеристика вихідної сировини і готового продукту

Для отримання якісної харчової продукції на основі томатної маси особливе значення має відповідність вихідної сировини встановленим технологічним і санітарно-гігієнічним вимогам. Томат, як сировина для переробки, повинен мати не лише привабливі зовнішні характеристики, а й відповідати низці параметрів, що впливають на стабільність технологічного процесу та якість кінцевого продукту.

До переробки на томатну пасту, пюре або сік з м'якоттю допускаються плоди сортів промислового призначення — із високим вмістом сухих речовин, щільною консистенцією, яскравим кольором м'якоті та відносною стійкістю до механічного руйнування під час транспортування і обробки. Найбільш придатними є сорти з вмістом сухих речовин не менше ніж 4,5–5,5 %, кислотністю в межах 0,35–0,45 %, а також з вмістом природного цукру на рівні 3,0–4,5 %.

Важливо, щоб плоди були повністю стиглими, без зелених або жовтих зон, які свідчать про незрілість. Недостиглі томати мають низький вміст сухих речовин і слабо виражений смаковий профіль. З іншого боку, перезрілі або підгнилі екземпляри також непридатні для виробництва — їх використання може призвести до нестабільності кольору та зниження органолептичних властивостей продукту.

За фізичними показниками томати мають бути:

- однорідними за розміром — це забезпечує рівномірність подрібнення;
- м'якими, але не водянистими — з оптимальною щільністю м'якоті;
- без механічних ушкоджень, ознак псування, гнилі чи цвілі;
- без домішок ґрунту, комах або залишків рослинної маси.

Перед подрібненням сировина обов'язково проходить етапи мийки, візуального контролю та сортування, щоб уникнути потрапляння сторонніх включень у дробарку, а також забезпечити стабільну якість технологічного процесу.

Щодо готового продукту, основними критеріями якості є:

- однорідність консистенції (без грудок або твердих фракцій),
- насичений червоно-оранжевий колір,
- відсутність стороннього присмаку або запаху,

- збалансована кислотність і типова солодкість томатної м'якоті.

У випадку виробництва томатної паст, регламентується вміст сухих речовин — не менше 25 % для концентрованих паст. Для томатного пюре цей показник зазвичай становить 6–12 %. Важливо також досягти високого виходу напівфабрикату після протирання (до 95–97 %), що залежить від правильного вибору сорту, стану сировини та ефективності подрібнення.

Таким чином, дотримання суворих вимог до вхідної сировини забезпечує не лише високу якість кінцевого продукту, а й сприяє оптимізації технологічного процесу, зменшенню відходів та підвищенню економічної доцільності переробки томатів на підприємстві.

4. Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип дії модернізованого обладнання

Опис запропонованого технічного рішення

У рамках даного дипломного проєкту запропоновано технічну модернізацію існуючої моделі малогабаритної дискової дробарки для подрібнення томатів із продуктивністю до 5 тонн за годину. Основною метою є вдосконалення санітарно-гігієнічних умов експлуатації, зменшення часу на обслуговування та зниження витрат ресурсів, пов'язаних з очищенням обладнання після кожного циклу обробки сировини. Рішення передбачає інтеграцію автоматизованої CIP-системи (Clean-In-Place) для внутрішнього миття камери подрібнення без необхідності її розбирання.

Модернізація полягає у встановленні наступних вузлів:

CIP-форсунки – у верхній частині дробильної камери (кришці) монтуються стаціонарні розпилювальні насадки з нержавіючої сталі типу AISI 304. Форсунки забезпечують подачу мийного розчину під тиском у формі розпиленого струменя з кутом покриття 180–270°, охоплюючи внутрішні поверхні камери, зону ножів, вхідний та вихідний патрубки.

Штуцер підключення CIP-контурів – на зовнішній поверхні корпусу передбачається монтаж вхідного штуцера діаметром 25 мм (типу Tri-Clamp або різьбового), що під'єднується до централізованої CIP-станції або окремого циркуляційного контуру (бак + насос).

Клапан скидання мийного розчину – у нижній частині дробарки, на дні камери подрібнення, встановлюється запірно-зливний вузол для відведення відпрацьованого мийного розчину після завершення циклу промивання.

Блок керування CIP-процесом – у базовій реалізації передбачається напіваавтоматична система з ручним запуском і перемиканням циклів (лужне миття, кислотне ополіскування, фінішне промивання чистою водою), хоча в розширеній конфігурації можливе повне програмне управління на базі ПЛК.

Модифікація конструкції передбачає збереження основної функціональності дробарки – подрібнення томатів обертовими ножами, закріпленими на

горизонтальному роторі. Вплив на сировину здійснюється за принципом різання, в якому леза ножів розривають м'якоть та шкірку плодів, перетворюючи її на пюреподібну масу з мінімальними домішками грубих частинок. Основні конструктивні вузли – завантажувальна воронка, камера подрібнення, вал з ножами, електродвигун, опорна рама – залишаються без змін.

Інтеграція CIP-вузлів не впливає на геометричні параметри дробарки, не порушує балансу обертання ротора та не заважає основному технологічному процесу. При цьому монтаж додаткових компонентів можливий без повного демонтажу існуючого обладнання, що дозволяє реалізувати модернізацію без значних простоїв виробництва.

Переваги модернізованої конструкції та очікувані результати

Запропоноване технічне рішення забезпечує низку істотних переваг, як у технологічному, так і в експлуатаційному аспектах:

Підвищення рівня гігієнічної безпеки: автоматизоване внутрішнє миття усуває залишки м'якоті, шкірки та насіння, запобігаючи бактеріальному забрудненню наступних партій продукту.

Скорочення тривалості санітарної обробки: замість розбирання та ручного миття, яке триває 30–60 хвилин, CIP-миття займає 8–15 хвилин.

Економія ресурсів: зменшення витрати води та мийних засобів до 40–50 % за рахунок циркуляції рідини в замкненому контурі.

Зниження трудомісткості обслуговування: персонал не взаємодіє безпосередньо з забрудненими частинами обладнання, що покращує умови праці.

Підвищення продуктивності виробничої лінії: скорочення простоїв на санітарну обробку дозволяє збільшити реальну годинну та денну продуктивність лінії.

Відповідність сучасним стандартам харчової безпеки: CIP-модернізація є обов'язковим етапом для підприємств, що впроваджують HACCP, ISO 22000, FSSC тощо.

Можливість масштабування: аналогічна система може бути впроваджена на

інших апаратах переробки (протиральні машини, трубчасті підігрівачі, резервуари тощо).

У підсумку, модернізація дробарки шляхом додавання СІР-системи не лише підвищує ефективність і безпечність виробництва, а й створює умови для масштабування, автоматизації та сертифікації переробного процесу відповідно до сучасних вимог ринку.

Будова та принцип дії модернізованого обладнання

Модернізована машина призначена для механічного подрібнення овочевої сировини, зокрема томатів, шляхом роторного різання без попередньої термічної обробки. Обробка сировини у «холодному режимі» дозволяє зберігати природні властивості продукту, знижує споживання енергії та сприяє зменшенню загальних експлуатаційних витрат.

Будова обладнання до модернізації

Конструктивно машина складається з таких основних вузлів:

1. електродвигуна фланцевого типу, який кріпиться до корпусу дробарки;
2. станини, що забезпечує стійке розміщення і підтримку всієї конструкції;
3. ножового диска з ріжучими елементами, які фіксуються на валу через втулку;
4. корпусу камери подрібнення, в якому здійснюється обробка сировини;
5. завантажувального пристрою (воронки равликового типу), через яку продукт надходить у зону ножів;
6. вивантажувального жолоба, з'єданого з корпусом, що відводить готову масу з машини.

Сировина надходить до завантажувального бункера, який має форму воронки з асиметричним розширенням, що переходить у спіралеподібну камеру (равлик). При обертанні ножового диска продукт поступово втягується до ріжучої зони. Там сировина інтенсивно подрібнюється ножами, встановленими на диску. Після різання продукт під дією відцентрової сили переміщується до периферії диска. Лопаті, закріплені ззовні, проштовхують готову масу через щілину між краєм диска та внутрішньою поверхнею корпусу. Додаткові направляючі елементи сприяють

ефективному викиду продукту через жолоб.

Система ущільнення валу виконується сальникового типу та забезпечує надійне відділення електродвигуна від зони подрібнення, запобігаючи потраплянню вологи й залишків сировини до моторного відсіку.

У рамках модернізації до конструкції дробарки додано систему автоматичного внутрішнього миття без розбирання (CIP), що суттєво змінює експлуатаційні характеристики обладнання. Впровадження CIP-системи реалізовано наступними елементами:

CIP-форсунки:

- вмонтовані у верхню частину корпусу, безпосередньо над зоною ножового диска;
- виготовлені з нержавіючої сталі, розраховані на подачу мийного розчину під тиском у вигляді конусного факела;
- забезпечують обмивання всієї внутрішньої поверхні корпусу, ножів і завантажувального равлика.

Вхідний штуцер для CIP-контурів:

- встановлюється збоку корпусу та підключається до централізованої або мобільної мийної станції;
- забезпечує подачу мийного луку, кислотного ополіскувача та води послідовно.
- Зливна система:
- передбачає монтаж дренажного патрубку в нижній частині корпусу;
- дозволяє повністю зливати відпрацьований мийний розчин без розбирання вузлів.

Керування мийним циклом:

у базовій комплектації запуск мийки виконується вручну через вентиль або насос;

у розширеній — можливе автоматизоване керування з таймером або програмованою логікою (ПЛК).

Послідовність роботи модернізованого обладнання полягає в наступному:

Пуск дробарки: електродвигун обертає ножовий диск, сировина надходить у завантажувальний бункер.

Подрібнення: продукт захоплюється лопатями, переміщується до центру, ріжеться обертовими ножами.

Транспортування подрібненої маси: готовий пюреподібний продукт під дією відцентрової сили виштовхується через зазор між диском і корпусом та надходить до жолоба.

Після завершення обробки: машина переводиться в режим CIP-миття:
відкривається вхід мийного розчину, активуються форсунки;
відпрацьований розчин виводиться через дренажну систему;
за потреби повторюється цикл із кислотним ополіскуванням та промивкою чистою водою.

Таким чином, модернізована дробарка не лише виконує свою основну функцію — ефективно та рівномірне подрібнення овочевої сировини, — але й відповідає сучасним гігієнічним нормам завдяки автоматизованому внутрішньому очищенню, знижуючи витрати на обслуговування та підвищуючи продуктивність виробничої лінії.

5. Підбір конструкційних матеріалів

Для виготовлення та модернізації обладнання, що використовується у харчовій промисловості, критично важливо забезпечити не лише механічну міцність, а й хімічну та санітарну стійкість усіх конструкційних матеріалів. З огляду на специфіку переробки овочевої сировини, зокрема томатів, у дробарці значну частину вузлів виготовляють із нержавіючої сталі, що здатна витримувати дію органічних кислот, вологи та частих санітарних мийок.

Корпус дробильної камери виконують з аустенітної нержавіючої сталі марки AISI 304 (або вітчизняного аналога 12X18H10T), яка поєднує високу корозійну стійкість із технологічністю зварювання. Цей матеріал відповідає гігієнічним нормам і є стандартом для контактуючих із харчовими масами поверхонь. Той самий тип сталі використовується для виготовлення завантажувального бункера та вивантажувального жолоба, оскільки ці частини безпосередньо контактують із томатною масою.

Ножовий диск і ріжучі елементи виготовляються з високолегованої сталі підвищеної твердості — наприклад, AISI 420 або 65X13. Ці сплави мають відмінну зносостійкість і здатні тривалий час утримувати гостру ріжучу кромку, що особливо важливо для інтенсивної експлуатації під навантаженням. Вал обертання, до якого кріпиться ротор, може виготовлятися з конструкційної сталі марки 40X, проте в харчовому виконанні перевагу надають нержавіючій сталі AISI 304 — особливо якщо частина вала частково контактує з робочим середовищем.

Станина та опорні елементи не контактують із продуктом, тому можуть бути виготовлені з вуглецевої сталі (наприклад, Ст3), пофарбованої порошковим антикорозійним покриттям. Проте в умовах вологого виробництва доцільно передбачити виконання зі сталі AISI 304 — це спрощує обслуговування і запобігає розвитку іржі у важкодоступних зонах.

Для захисту двигуна від проникнення вологи застосовується сальникове ущільнення з термостійкого та хімічно інертного матеріалу — фторопласту (PTFE) або харчової гуми EPDM, що також витримує багаторазові мийні цикли з гарячим

лужним і кислотним розчинами.

Модернізований вузол CIP-мийки також потребує окремого обґрунтування вибору матеріалів. Форсунки, через які подається мийний розчин, виготовляються з хімічно стійкої нержавіючої сталі AISI 316L, яка має покращену кислототривкість порівняно з AISI 304. Такий вибір обумовлений впливом агресивних мийних засобів і необхідністю стабільної роботи при температурах до 90–95 °С. Трубопроводи, штуцери та з'єднувальні елементи CIP-системи також виготовляють із AISI 304 або AISI 316L, залежно від агресивності мийного середовища. У місцях ущільнення застосовуються прокладки з силікону або EPDM — вони забезпечують герметичність та довговічність при багаторазовому збиранні й розбиранні CIP-контурів.

Загалом підбір матеріалів був здійснений із урахуванням умов експлуатації дробарки: вплив кислотної сировини, часте миття, механічні навантаження та вимоги до безпеки харчової продукції. Усі основні вузли виготовлено з нержавіючих марок сталей, а для модернізованих компонентів CIP обрано матеріали, сумісні з професійними системами очищення і сертифіковані для контакту з харчовими середовищами.

6. Розрахункова частина

Технологічний розрахунок

Кількість ножів на диску дробильному: $z = 6$ шт.

Діаметр дробильного диска: $D = 170$ мм, умовна довжина ножа, яка приймає участь в подрібненні продукту: $L = 80$ мм, кількість зубців на одному ножі:

$$z_3 = \frac{L}{t} - 1 = \frac{80}{2} - 1 = 39$$

де $t = 2$ мм – крок між зубцями ножа дробарки;

Продуктивність дробарки:

$$Q = \phi \times \rho \times S_3 \times z_3 \times z_n \times v \times n, \text{ Т/ч}$$

Где $Q = 5 \text{ т/год} = 5000/3600 = 1,39 \text{ кг/с}$ – продуктивність дробарки;

$\phi = 0,65$ – коефіцієнт використання ножей дробарки;

$\rho = 1050 \text{ кг/м}^3$ – щільність томатів;

S_3 – площа одного зуба на ножі;

$b = 2$ мм – товщина ножа;

n – число обертів диска ножового.

Зуб ножа має форму рівностороннього трикутника, зі стороною, що дорівнює $a = 2$ мм, тоді його площа:

$$S_3 = \frac{a^2 \sqrt{3}}{4} = \frac{2^2 \sqrt{3}}{4} = 1,73 \text{ мм}^2 = 1,73 \times 10^{-6} \text{ м}^2;$$

Звідси частота обертання:

$$n = \frac{Q}{\phi \times \rho \times S_3 \times z_3 \times z_n \times v}$$

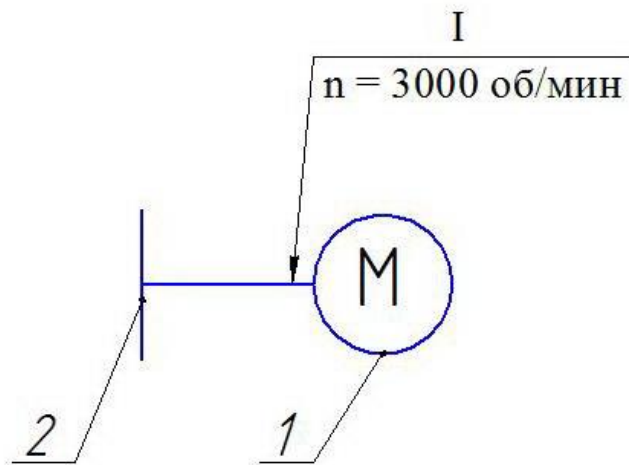
Таким чином:

$$n = \frac{1,39}{0,65 \times 1050 \times 1,73 \times 10^{-6} \times 39 \times 6 \times 2 \times 10^{-3}} = 41,9 \text{ об/с} \approx 2515 \text{ об/хв}$$

Кінематичний та силовий розрахунок

Приймаємо двигун з синхронною частотою обертання 3000 об/хв.

Схема кінематична:



Питоме зусилля опору різання для томатів $F_{уд.} = 100 \text{ н/м}$, один ніж має 39 зубців, кожний зуб має дві грані, тоді загальна довжина граней ножа при довжині грані $a = 2 \text{ мм}$: $l = 2 \times z_z \times a = 2 \times 39 \times 2 = 156 \text{ мм} = 0,156 \text{ м}$

Зусилля, яке необхідно докласти до ножа:

$$F = F_{уд.} \times l = 100 \times 0,156 = 15,6 \text{ Н}$$

Середній радіус ножа: $R_{cp} = 0,025 \text{ м}$

Крутячий момент: $M_{кр} = F \times R_{cp} = 15,6 \times 0,025 = 0,39 \text{ Нм}$

Кутова швидкість диска: $\omega = \frac{\pi \times n}{30} = \frac{3,14 \times 3000}{30} = 314,2 \text{ рад / с}$

Потужність, що необхідна для одного ножа:

$$N_1 = M_{кр} \times \omega = 0,39 \times 314,2 = 122,5 \approx 123 \text{ Вт}$$

Загальна потужність для всього диска:

$$N_{д} = N_1 \times z_n = 123 \times 6 = 738 \text{ Вт}$$

Встановлена потужність двигуна:

$$N_{дв} = K \frac{N_{д}}{\eta} = 1,5 \cdot \frac{738}{0,99} = 1118 \text{ Вт}$$

Приймемо двигун: 4А80А2; $N = 1,5 \text{ кВт}$; $s = 4,2\%$.

Реальна частота обертання вала двигуна:

$$n = n_c (1 - s) = 3000 (1 - 0,042) = 2874 \text{ об / мин}$$

Міцнісний розрахунок

Розрахунок шпонки (перевірки) для з'єднання робочого валу і ножового диска.

Вихідні дані:

діаметр вала $D=22$ мм;

перетин шпонки: $b \times h=6 \times 6$ мм;

загальна довжина шпонки: $b=50$ мм;

потужність, що передається: $N=1500$ Вт;

частота обертання: $n=2874$ об/хв.

Крутячий момент, що передається:

$$T = \frac{N}{\omega} = \frac{30N}{\pi n}$$

$$T = \frac{30 \cdot 1500}{3,14 \cdot 2874} = 4,98 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Робоча довжина шпонки:

$$l_p = l - b = 50 - 6 = 44 \text{ мм}$$

Перевірка з'єднання на зминання:

$$\delta_{cm} = \frac{2T}{D \cdot l_p (h - t_1)} \leq [\delta_{cm}]$$

де $t_1 = 3,5$ мм; $[\delta_{cm}] = 100$ МПа.

$$\delta_{cm} = \frac{2 \cdot 4,98}{0,022 \cdot 44 (6 - 3,5)} = 4,12 \text{ МПа} \leq [\delta_{cm}] = 100 \text{ МПа}$$

умова зминання виконується.

Перевірка шпонки на зріз:

$$\tau_{cp} = \frac{2T}{d \cdot l \cdot b} < [\tau_{cp}]$$

де $[\tau_{cp}] = 60$ МПа.

$$\tau_{cp} = \frac{2 \cdot 4,98}{0,022 \cdot 50 \cdot 6} = 1,51 \text{ МПа} < [\tau_{cp}] = 60 \text{ МПа}$$

умова відсутності зрізу виконується.

Вібронавантаження та балансування ротора

Під час роботи ножового диска дробарки з частотою обертання понад 2500

об/хв на роторну систему діють значні відцентрові сили. У разі навіть незначного дисбалансу ці сили можуть спричинити підвищене вібронавантаження, що призводить до швидкого зносу підшипників, появи мікротріщин, розхитування вузлів кріплення й загального погіршення надійності роботи обладнання. Тому для обертальних механізмів, що працюють на частотах понад 1500–2000 об/хв, особливо важливим є розрахунок динамічної нерівномірності маси та балансування ротора.

Частота обертання

Згідно з попереднім розрахунком, робоча частота обертання ножового диска становить: $n = 2874$ об/хв

$$\omega = 2\pi n / 60 = 2 \cdot 3,14 \cdot 2874 / 60 \approx 301 \text{ рад/с}$$

Це перевищує умовну межу 2500 об/хв, тож необхідна перевірка допустимого дисбалансу.

Оцінка допустимого залишкового дисбалансу

Згідно з ISO 1940/1:2003 (ГОСТ 22061-76), допустимий рівень залишкового дисбалансу визначається за формулою:

$$U = G \cdot e$$

де:

U – залишковий дисбаланс, г·мм

G – маса ротора, г

e – допустимий еквівалентний ексцентриситет, мм

Клас точності балансування обирається згідно з призначенням обладнання. Для харчових машин із високими обертами типово застосовується клас G 6.3 або G 2.5.

Приймемо G 6.3, що відповідає допустимій швидкості вібрації $v = 4$ мм/с.

Допустиме значення e можна знайти з довідкових таблиць (для $n \approx 3000$ об/хв і $G = 6.3$):

$$e \approx 0,1 \text{ мм}$$

Маса ножового диска з ріжучими елементами: $G \approx 1,8 \text{ кг} = 1800 \text{ г}$

Тоді:

$$U = 1800 \cdot 0,1 = 180 \text{ г·мм}$$

Це означає, що сумарний залишковий дисбаланс не повинен перевищувати 180 грамів, зміщених на 1 мм від осі обертання, або, наприклад, 9 г на радіусі 20 мм.

Визначення відцентрової сили від дисбалансу

$$F = m \cdot \omega^2 \cdot r$$

де:

m – залишкова маса дисбалансу, кг

ω – кутова швидкість, рад/с

r – радіус ексцентриситету, м

Підставляємо:

$$m = 0,009 \text{ кг}$$

$$r = 0,02 \text{ м}$$

$$\omega = 301 \text{ рад/с}$$

$$F = 0,009 \cdot (301)^2 \cdot 0,02 \approx 0,009 \cdot 90601 \cdot 0,02 \approx 16,3 \text{ Н}$$

Ця сила є джерелом вібрації, яка передається на підшипники й корпус. У разі перевищення допустимих значень можуть виникати механічні резонанси.

Заходи щодо балансування

Для забезпечення стабільної та безпечної роботи дробарки при високих обертах необхідно виконати:

- статичне і динамічне балансування ножового диска на спеціальному стенді або балансувальному верстаті;
- симетричне розташування ножів та забезпечення однакової маси для кожного з них;
- перевірку монтажу на биття та перекіс з точністю до 0,05 мм;
- використання балансувальних вантажів або фрезерування надлишкової маси в контрольних точках диска.

Оскільки ножовий диск дробарки обертається з частотою понад 2800 об/хв, обов'язковою умовою стабільної роботи є точне динамічне балансування ротора. Допустимий залишковий дисбаланс не повинен перевищувати 180 г·мм. При недотриманні цієї умови значення вібраційних навантажень перевищуватимуть

норму, що призведе до передчасного зносу підшипників, порушення з'єднань та ризику аварій. Проведення якісного балансування забезпечує надійну роботу дробарки, зменшення рівня шуму та вібрації, і загалом підвищує довговічність конструкції.

Гідравлічний розрахунок СІР-мийки (модернізований вузол)

Для забезпечення ефективної автоматизованої мийки внутрішніх поверхонь дробарки було передбачено встановлення СІР-форсунок, які створюють конусний розпил мийного розчину під тиском. Щоб забезпечити рівномірне очищення камери подрібнення, важливо правильно визначити витрату рідини, необхідний тиск у системі, діаметр форсунки та підібрати насосну групу.

Розрахунок витрати мийної рідини через одну форсунку:

$$Q = K \cdot \sqrt{P}$$

де:

Q – витрата мийної рідини, л/хв;

K – коефіцієнт витрати форсунки (беремо орієнтовно $K = 0,85$ для щілинної форсунки з кутом факела 180°);

P – тиск на вході до форсунки, бар (приймаємо $P = 2$ бар для миття в режимі середньої інтенсивності).

Підставляючи значення:

$$Q = 0,85 \cdot \sqrt{2} \approx 0,85 \cdot 1,41 \approx 1,2 \text{ л/хв}$$

Таким чином, одна форсунка подає приблизно 1,2 літра мийного розчину за хвилину. За умови встановлення двох форсунок на корпус дробарки загальна витрата становитиме:

$$Q_{\text{заг}} = 1,2 \cdot 2 = 2,4 \text{ л/хв}$$

Розрахунок витрати мийного розчину за цикл

Тривалість одного мийного циклу приймається $t = 10$ хвилин. Отже, загальний об'єм рідини, необхідний для одного повного циклу (наприклад, лужного або водяного ополіскування):

$$V = Q_{\text{заг}} \cdot t = 2,4 \cdot 10 = 24 \text{ л}$$

У повному митті (луг + кислотне ополіскування + чиста вода) передбачається 3 цикли, тому добова витрата мийного розчину:

$$V_{\text{добова}} = 3 \cdot 24 = 72 \text{ л}$$

Розрахунок швидкості потоку в трубопроводі

Швидкість потоку (v) визначається за формулою:

$$v = Q / (\pi \cdot d^2 / 4 \cdot 60)$$

де:

v – швидкість потоку, м/с;

Q – витрата, л/хв = 0,04 м³/хв;

d – внутрішній діаметр трубопроводу, м (приймаємо $d = 0,02$ м для шланга Ø20 мм).

Підставляємо:

$$\begin{aligned} v &= 0,04 / (3,14 \cdot 0,02^2 / 4 \cdot 60) \approx 0,04 / (0,000628 \cdot 60) \approx \\ &\approx 0,04 / 0,03768 \approx 1,06 \text{ м/с} \end{aligned}$$

Отримане значення відповідає допустимій швидкості для санітарних мийних систем (0,5–2,5 м/с).

Вибір насосного агрегату

Потужність насоса можна оцінити за формулою:

$$N = (Q \cdot P) / (\eta \cdot 600)$$

де:

N – гідравлічна потужність насоса, кВт;

Q – витрата, л/хв;

P – тиск, бар;

η – ККД насоса (приймаємо $\eta = 0,6$).

Підставляємо:

$$N = (2,4 \cdot 2) / (0,6 \cdot 600) = 4,8 / 360 \approx 0,013 \text{ кВт}$$

Отже, для роботи СІР-системи достатньо насоса з потужністю приблизно 15–20 Вт, що свідчить про мале навантаження. У практиці для резерву береться насос із потужністю 0,1–0,2 кВт.

Для забезпечення ефективного очищення дробарки достатньо встановлення двох форсунок з витратою 1,2 л/хв кожна. Загальна витрата мийного розчину за цикл становить 24 літри, а повна добова витрата – близько 72 літрів. Тиск у системі повинен бути не менше 2 бар, що легко забезпечується побутовими або промисловими мийними насосами невеликої потужності. Такий підхід дає можливість реалізувати СІР-систему з низькими енерговитратами й високою гігієнічною ефективністю.

Розрахунок ефективності СІР-системи

Впровадження автоматизованої СІР-системи дозволяє значно підвищити санітарну безпеку виробництва та одночасно знизити експлуатаційні витрати. Основні переваги реалізуються за рахунок скорочення тривалості мийки, зменшення використання води й мийних засобів, а також зниження потреби в ручній праці.

Порівняння витрат часу

Раніше очищення дробарки здійснювалося вручну, що вимагало розбирання окремих елементів, миття з використанням шланга та щіток, а потім повторного складання. Загальний час одного циклу становив у середньому 45 хвилин.

Після впровадження СІР-системи тривалість повного мийного циклу (луг + кислотне ополіскування + вода) становить не більше 10–12 хвилин.

Скорочення тривалості мийки:

$$\Delta t = t_{\text{ручна}} - t_{\text{СІР}} = 45 - 12 = 33 \text{ хв}$$

Економія часу на одному циклі становить понад 70 %.

Зниження витрати води

При ручному митті використовується від 150 до 200 літрів води на один цикл, залежно від інтенсивності обмивання. СІР-миття, згідно з попереднім розрахунком, споживає 72 л на повний цикл.

Економія води:

$$\Delta V = V_{\text{ручна}} - V_{\text{СІР}} = 180 - 72 = 108 \text{ л}$$

Відносна економія: $108 / 180 \approx 60 \%$

Зменшення витрати мийних засобів

При ручному очищенні часто виникає надлишкове використання миючих речовин через неточне дозування. У СІР-системі концентрація розчинів дозується точно (наприклад, 1–2 %), а розчин циркулює по замкненому контуру.

Припустимо, при ручному митті використовувалося 2 л 5% розчину, що еквівалентно 100 г чистого лугу. У СІР достатньо 1 л 1% розчину, тобто лише 10 г лугу.

Економія миючого засобу:

$$\Delta m = 100 \text{ г} - 10 \text{ г} = 90 \text{ г}$$

Відносна економія – 90 %

Скорочення витрат праці

Для ручного миття необхідна участь оператора протягом 45 хв, включно з розбиранням і складанням апарата. У випадку СІР-миття участь працівника обмежується запуском циклу та контролем параметрів, що займає не більше 5 хв.

Економія трудових витрат:

$$\Delta \tau = 45 - 5 = 40 \text{ хвилин на цикл}$$

Річна економія часу одного працівника при 3 циклах на день, 250 робочих днів на рік:

$$E_{\text{річна}} = 40 \cdot 3 \cdot 250 / 60 = 500 \text{ годин } (\approx 62,5 \text{ робочих днів})$$

Впровадження СІР-мийки в конструкцію дробарки дозволяє досягти суттєвої економії експлуатаційних ресурсів. За кожен мийний цикл витрата води знижується на 60 %, миючих засобів – на 90 %, часу мийки – більш ніж на 70 %, а трудові витрати – на понад 85 %. Це створює передумови для підвищення загальної продуктивності лінії, скорочення санітарних пауз та зниження собівартості кінцевої продукції.

Розрахунок теплового навантаження

Для забезпечення ефективного очищення внутрішніх поверхонь дробарки в СІР-системі застосовуються мийні розчини з температурою 60–85 °С. Підігрів рідини виконується або за допомогою бойлера, або через проточний теплообмінник. Тому необхідно оцінити теплове навантаження, яке потрібне для нагріву води до

заданої температури перед її подачею на форсунки.

Вихідні дані:

Об'єм мийного розчину на один цикл: $V = 24 \text{ л} = 0,024 \text{ м}^3$

Початкова температура води: $t_1 = 15 \text{ }^\circ\text{C}$

Кінцева температура розчину: $t_2 = 75 \text{ }^\circ\text{C}$

Середня питома теплоємність водного розчину: $c = 4200 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$

Густина розчину: $\rho = 1000 \text{ кг}/\text{м}^3$

Розрахунок кількості теплоти, необхідної для нагріву:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t$$

$$Q = \rho \cdot V \cdot c \cdot (t_2 - t_1)$$

$$Q = 1000 \cdot 0,024 \cdot 4200 \cdot (75 - 15)$$

$$Q = 1000 \cdot 0,024 \cdot 4200 \cdot 60$$

$$Q = 6\,048\,000 \text{ Дж} = 6,05 \text{ МДж}$$

Це кількість енергії, необхідна для одного циклу нагріву мийної рідини з $15 \text{ }^\circ\text{C}$ до $75 \text{ }^\circ\text{C}$.

Розрахунок потужності нагріву

Потужність джерела тепла визначається за формулою:

$$N = Q / t$$

де:

N – теплова потужність, Вт;

t – час нагрівання, с

Припустимо, час нагрівання становить $10 \text{ хв} = 600 \text{ с}$:

$$N = 6\,048\,000 / 600 = 10\,080 \text{ Вт} \approx 10 \text{ кВт}$$

Отже, для забезпечення безперервного циклу мийки з нагріванням розчину до $75 \text{ }^\circ\text{C}$ необхідне джерело тепла потужністю приблизно 10 кВт .

Добове теплове навантаження

Якщо впродовж зміни виконуються 3 цикли СІР-мийки, то добове теплове навантаження становить:

$$Q_{\text{добова}} = 3 \cdot 6,05 = 18,15 \text{ МДж}$$

Для орієнтовного перерахунку в кВт·год:

$$W = Q_{\text{добова}} / 3,6 = 18,15 / 3,6 \approx 5,04 \text{ кВт·год}$$

Розрахунки показують, що для підігріву мийного розчину до 75 °С у системі СІР-мийки достатньо джерела тепла потужністю приблизно 10 кВт при 10-хвилинному циклі нагріву. При щоденному триразовому митті дробарки теплове споживання не перевищує 5 кВт·год. Це помірне навантаження, яке можна реалізувати через проточний електричний нагрівач або компактний теплообмінник із резервуаром. Таким чином, теплове забезпечення СІР-системи не потребує значних ресурсів, але значно підвищує гігієнічність та ефективність миття.

7. Розрахунок технології виготовлення окремих деталей

Формулювання службового призначення деталі

У конструкціях машин і механізмів опорні елементи займають ключову позицію, оскільки саме вони забезпечують точне й стабільне розміщення робочих вузлів, які передають навантаження або виконують обертальний рух. У дробарках для подрібнення овочевої сировини, зокрема томатів, однією з таких відповідальних деталей є опора вала ножового диска. Саме на неї передається основне навантаження від обертової системи, що забезпечує подрібнення продукту, тому деталь повинна мати високу жорсткість, зносостійкість і стабільну геометрію в умовах тривалої дії вібрацій і динамічних навантажень.

У рамках цього проєкту відповідну функцію виконує деталь типу «кронштейн», яка конструктивно поєднує опорну та монтажну функцію. Її основне призначення полягає в утриманні та центрованому позиціюванні вала ножового диска дробарки. Внутрішня циліндрична поверхня деталі виконує роль посадкового місця, забезпечуючи точну фіксацію та підтримку обертового вузла. Додаткові отвори призначені для кріплення до корпусу або станини машини, що забезпечує надійність у процесі експлуатації.

Для виготовлення деталі обрано високоміцний чавун марки ВЧ38–17 згідно з вимогами ГОСТ 7293–79. Цей матеріал поєднує високу міцність на розтяг і стиск з відносною пластичністю, що дозволяє ефективно поглинати вібраційні навантаження і запобігати утворенню тріщин при багаторазових циклах навантаження. Механічні характеристики матеріалу становлять: межа міцності на розрив $\sigma_B = 237$ МПа, межа плинності $\sigma_0.2 = 433$ МПа, твердість – у межах 167–303 НВ, а відносне подовження — у межах $\delta = 0,2 \dots 0,5\%$.

Щодо експлуатаційної надійності, обраний чавун має достатню корозійну стійкість для умов, у яких працює дробарка, оскільки конструкція не контактує безпосередньо з агресивними хімічними середовищами, а СІР-мийка передбачає використання безпечних мийних засобів. Зносостійкість деталі значною мірою визначається не лише властивостями чавуну, а й якістю обробки робочих поверхонь,

посадковими допусками та умовами тертя з валом.

У цілому, кронштейн як опора вала ножового диска є технічно обґрунтованим рішенням, що відповідає вимогам до точності, жорсткості та довговічності, необхідним для стабільної роботи дробарки томатів у режимі середнього і тривалого навантаження.

Технологічність заготовки

Оцінка технологічності заготовки є важливим етапом у плануванні виготовлення деталі, оскільки саме вона визначає не лише ефективність виробництва, а й якість подальшої механічної обробки. Заготовка повинна відповідати основним критеріям: наближеність геометричної форми до готової деталі, мінімальна кількість припусків, зручність базування, а також можливість застосування економічно доцільного методу виготовлення.

У даному випадку мова йде про виготовлення опори вала ножового диска – деталі, яка входить до складу вузла обертання ріжучого органу дробарки томатів. Виходячи з аналізу креслення (Рис. 7.1), можна стверджувати, що конструкція даного кронштейна відповідає критеріям високої технологічності. Усі робочі поверхні мають просту геометрію – це переважно циліндричні або плоскі площини, відсутні важкодоступні місця, які ускладнювали б обробку. Центральний отвір призначений для посадки вала, а плоскі поверхні й монтажні отвори дозволяють надійно орієнтувати деталь під час обробки та монтажу.

З конструктивної точки зору деталь є раціональною і добре пристосованою до умов механічної обробки. Базові поверхні легко обробляються на стандартному токарному, фрезерному або свердлильному обладнанні. Всі отвори мають симетричне розміщення, що спрощує обробку в одному установі. Тому вносити зміни в геометрію або структуру деталі немає технічної необхідності.

З урахуванням конструктивних особливостей і функціонального призначення деталі як опори вала, слід обрати такий метод виготовлення заготовки, який забезпечить високу точність, стабільність форми, достатню жорсткість і відповідність матеріалу експлуатаційним вимогам. Подальший вибір методу

отримання заготовки буде здійснюватися з урахуванням обсягів виробництва, економічної доцільності та можливостей підприємства.

Вибір способу отримання заготовки

З урахуванням того, що для виготовлення деталі – опори вала ножового диска – задано лиття третього класу точності, доцільним є подальший вибір оптимального способу лиття. Для прийняття обґрунтованого технічного рішення використано метод вагових коефіцієнтів, що дозволяє об'єктивно оцінити найбільш раціональний варіант серед доступних технологій отримання виливків. У таблиці 7.1 наведено порівняльну характеристику основних методів, які можуть бути застосовані для отримання заготовки із високоміцного чавуну ВЧ38–17.

Проведений аналіз показав, що найвищу сумарну оцінку за ваговими коефіцієнтами отримав метод лиття у піщано-глинисті форми, як у варіанті ручного, так і машинного формування. Даний метод дозволяє виготовляти заготовки не лише для одиничного й дрібносерійного виробництва, а й у великосерійних масштабах за умови часткової або повної автоматизації формувального процесу.

Основні переваги цього способу полягають у відносній простоті процесу, доступності матеріалів, невисокій собівартості заготовки, а також універсальності застосування. Завдяки застосуванню автоматизованих систем формування й заливки металу забезпечується стабільність геометрії виливка, покращується якість поверхонь та підвищується продуктивність праці. Такий метод також дозволяє зменшити кількість браку, знизити навантаження на персонал та забезпечити точне дозування металу.

З урахуванням вимог до посадкових поверхонь та допусків на обробку, ручне або машинне формування за третім класом точності є достатнім для подальшого досягнення необхідної геометричної точності під час механічної обробки. Виливок, отриманий у піщано-глинистій формі, дозволяє витримувати допуски в межах 2,0–3,0 мм, що відповідає встановленим технічним вимогам до опорного вузла обертової системи дробарки.

Для формування застосовуються формувальні суміші на основі кварцового

піску з додаванням глинистих компонентів як зв'язуючих речовин. Такі суміші характеризуються необхідними ливарними властивостями: пластичністю, плинністю, газопроникністю та протипригарними властивостями, що дозволяє отримувати чіткий контур моделі та уникати дефектів у структурі виливка. Значення міцності формувальних сумішей у сирому стані коливаються в межах 2,9–15,7 МН/м², а для стрижнів — до 196 МН/м², що є прийнятними показниками для забезпечення точності та стійкості форми під час заливки.

На основі аналізу технічних, технологічних і економічних показників прийнято рішення про застосування лиття у піщано-глинисті форми як основного способу виготовлення заготовки опори вала ножового диска. Обраний метод забезпечує оптимальне поєднання точності, надійності та вартості виготовлення.

Після відливання отримується заготовка, геометричні параметри якої відповідають третій точності, що дозволяє обробити деталь без надмірних припусків і витрат. Виливок буде використано як базову заготовку для подальшої механічної обробки згідно з технологічним маршрутом. Схематичні зображення деталі, виливка та ливарної форми наведено відповідно на рис. 7.1, 7.2 та 7.3.

Таблиця 7.1. Вибір способу отримання заготовки

Найменування критерію вибору	Рівень градації і значення критерію	Спосіб виготовлення литої заготовки						
		ЛПФ		ЛОФ	ЛВМ	ЛК	ЛПД	ЦЛ
		РФ	МФ					
Тип виробництва	Дрібно-серійне	2	0	0	0	0	0	0
матеріал деталі	чавун	1	1	1	0	1	0	1
маса деталі	1.50..60	1	1	1	1	1	1	1
Група складності виливка	1	1	1	0	0	1	0	1
Параметр Ra поверхні	12,5 ... 20	2	2	1	0	1	0	1
форма деталі	корпусні	1	1	1	0	1	1	0
Максимальні габаритні розміри	50 ... 120	1	1	1	1	1	1	1
Квалітет точності розмірів	17 ... 20	1	1	0	0	0	0	1
Разом		10	8	5	2	6	3	6

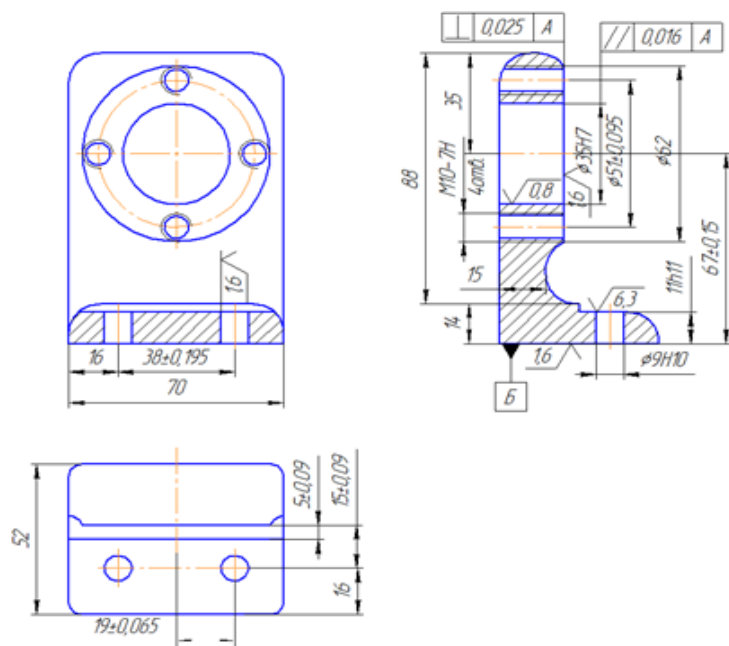


Рис. 7.1. Ескіз деталі типу «кронштейн»

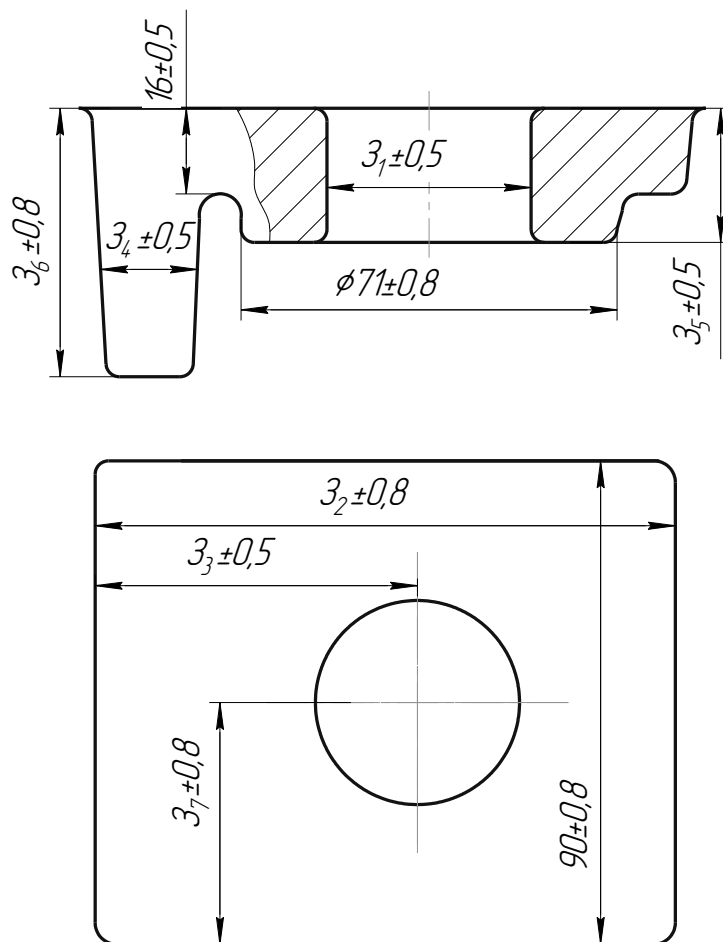


Рис. 7.2. Ескіз виливки

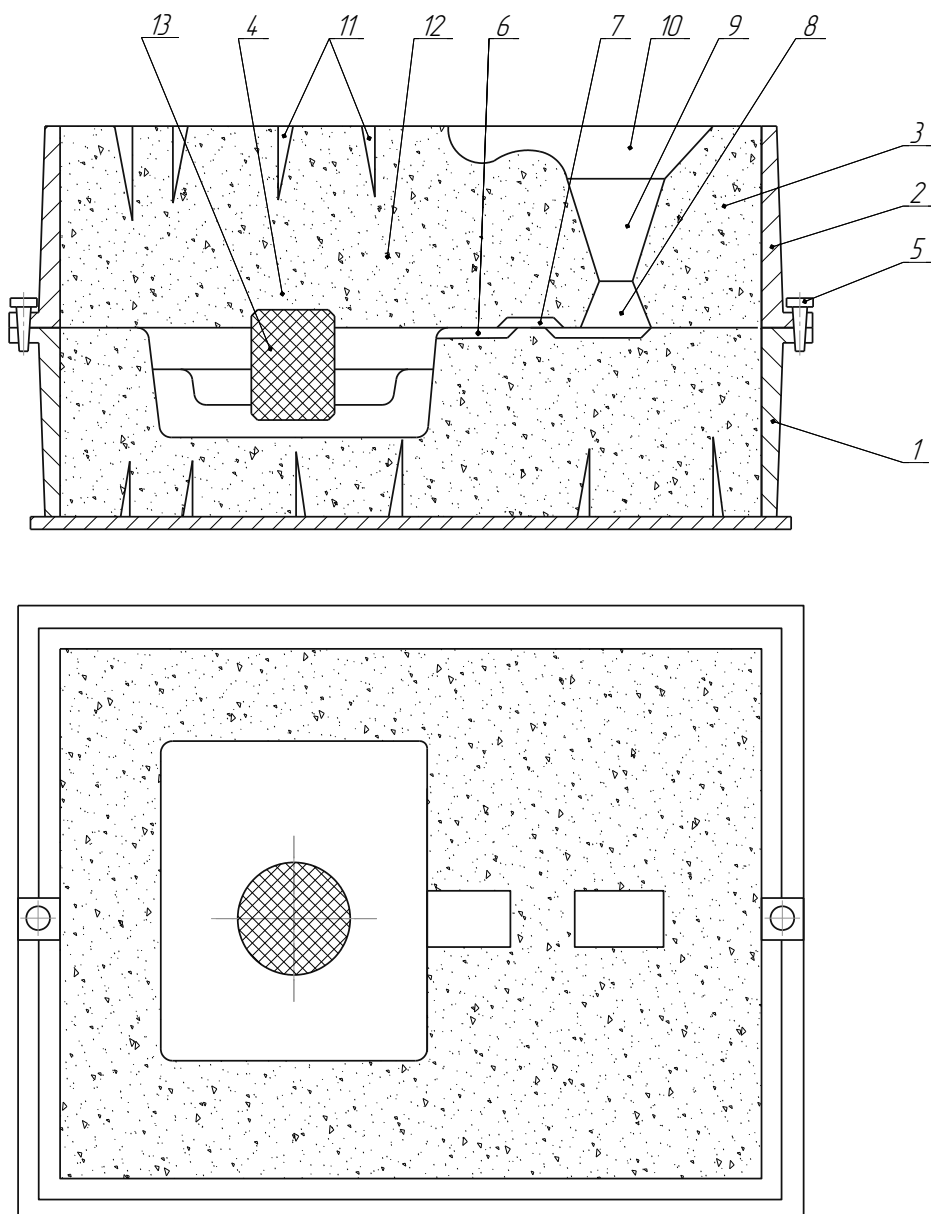


Рис. 7.3. Ескіз ливарної форм

Розробка маршруту обробки і вибір баз на першій операції

Після визначення методу отримання заготовки наступним етапом є розроблення маршруту механічної обробки, що передбачає поетапну реалізацію технологічного процесу виготовлення деталі. Враховуючи, що у даному випадку розглядається деталь типу кронштейна, яка виконує функцію опори вала ножового диска, обробка повинна забезпечити високу точність взаємного розташування отвору під вал і посадкових площин для кріплення до корпусу.

На цьому етапі головною метою є побудова логічної послідовності обробних

операцій, яка забезпечить необхідну точність і шорсткість поверхонь при оптимальному розподілі припусків та раціональному використанні обладнання. До завдань входить формування маршруту обробки, визначення змісту операцій, вибір типу верстатів, інструменту, методів базування, а також створення умов для забезпечення взаємозв'язку між обробленими та необробленими поверхнями.

Однією з ключових процедур при розробці технології є вибір технологічних баз на першій операції, оскільки саме на цій стадії закладається точність подальших обробок, а також розподіляється припуск між різними поверхнями. Процес базування — це орієнтація деталі в просторі відносно координатної системи обладнання, при якій визначається положення заготовки відносно інструменту і пристосування.

Для обробки деталі типу опори вала доцільно прийняти внутрішній циліндричний отвір як технологічну базу, оскільки саме він є критичним елементом для встановлення валу ножового диска, і до нього пред'являються найвищі вимоги щодо точності. Крім того, обробка отворів зазвичай вимагає більш високої точності і трудомісткості, ніж обробка площин, тому прив'язка всієї геометрії до цієї бази є логічним і технічно доцільним рішенням.

Вибір отвору як технологічної бази на першій операції забезпечує рівномірний розподіл припуску та дозволяє вже з перших етапів обробки забезпечити правильну орієнтацію деталі. Площина, перпендикулярна отвору, у свою чергу, може виступати як опорна установка для забезпечення стійкості при затиску в пристосуванні. Таке рішення дозволяє одночасно вирішити два завдання: забезпечити необхідний взаємозв'язок між базовими і робочими поверхнями та здійснити контрольований розподіл припуску для наступних переходів.

Таким чином, при побудові технологічного процесу першої операції приймаємо внутрішній отвір Ø38 мм як головну базу, а нижню площину — як допоміжну опору при затиску. Така схема базування забезпечує технологічну спадкоємність і дозволяє перейти до формування укрупненого маршруту обробки, в якому враховуються особливості конструкції, форма заготовки після лиття та

вимоги до точності та шорсткості поверхонь.

Умовна схема базування на першій операції зображена на рис. 7.2. Основні етапи обробки, включені до загального технологічного маршруту, зведені у табл. 7.2, яка містить опис переходів, тип верстатів, інструменту та технологічних режимів на кожній стадії обробки.

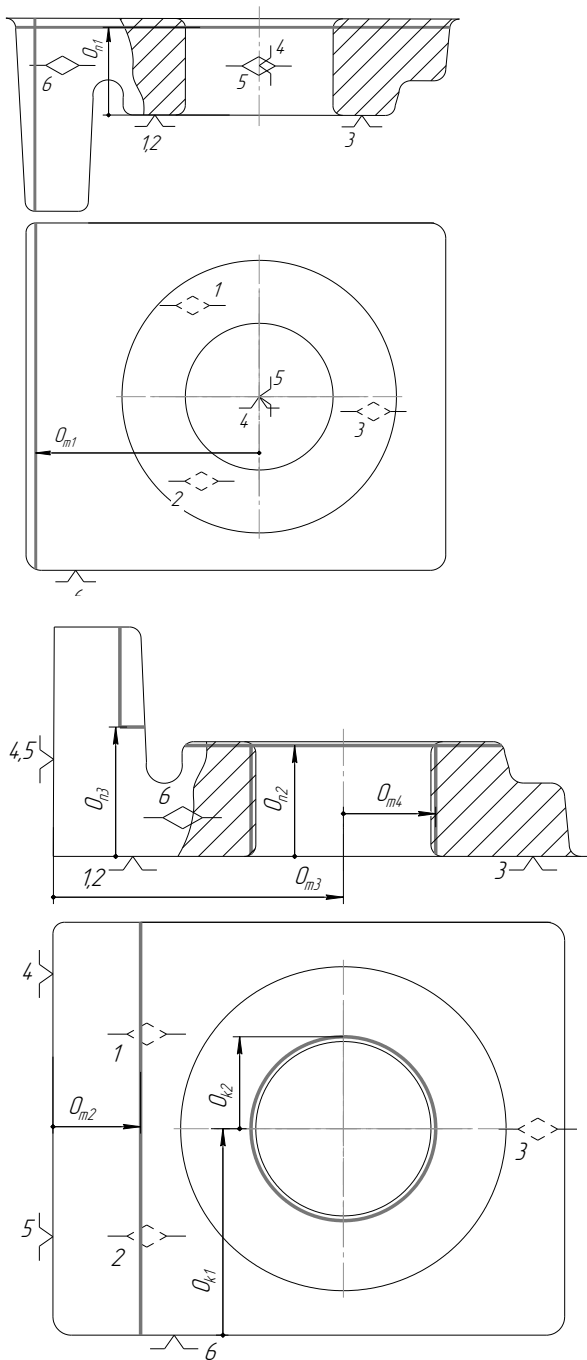
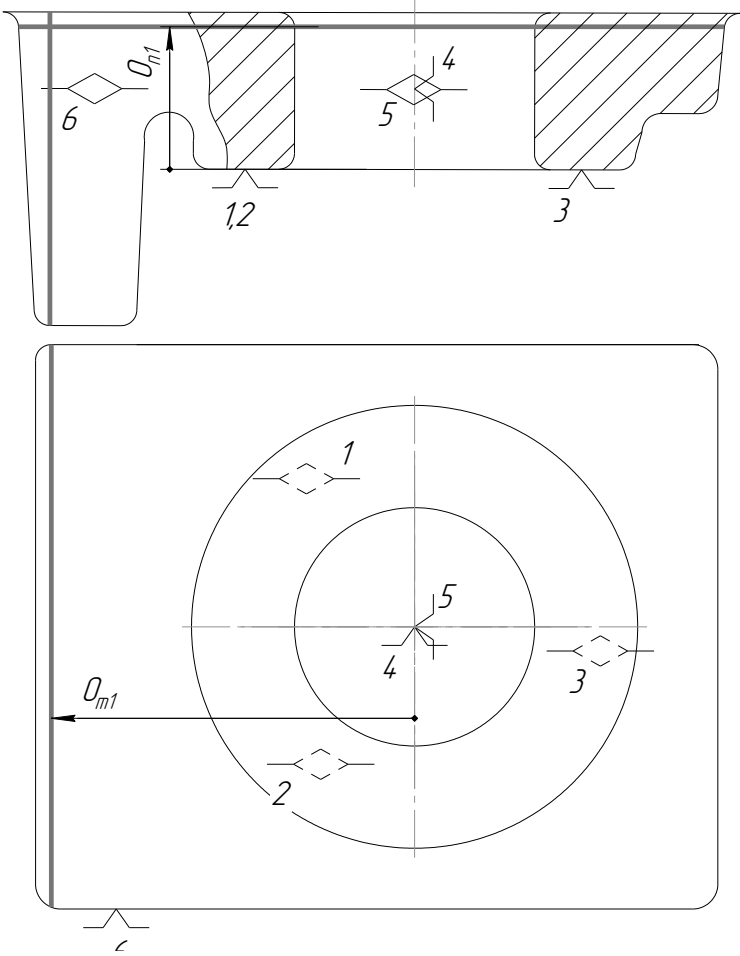


Рис. 7.4. Базування на перших операціях

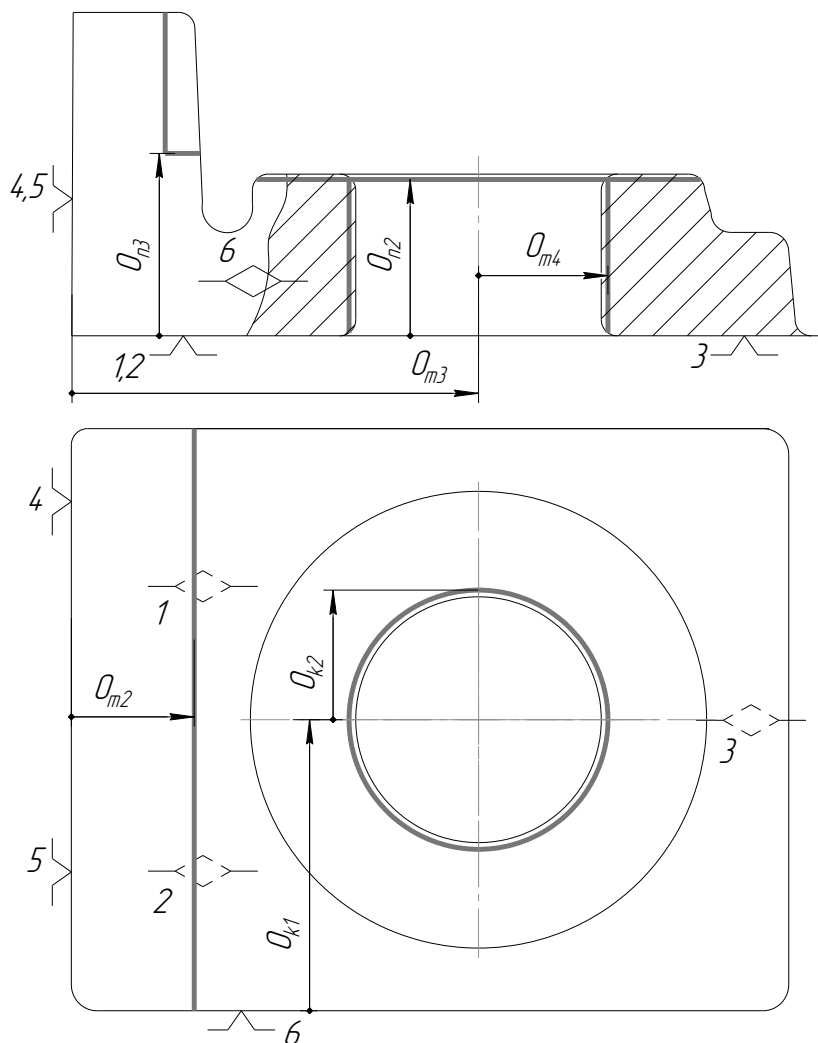
Таблиця 7.2. Маршрут технологічного процесу виготовлення деталі

№	операційний ескіз	верстат
1	2	3
005	комбінована О1 ФРЕЗП МР7 О2 ФРЕЗП №12 	Вертикально– фрезерний 6Р12

Продовження таблиці 7.2.

1	2	3
010	комбінована О1 ФРЕЗП Мр6, №16 О2 ЗНКП відп. 4 з Цеков. №15	Свердлильно– фрезерно– розточний

2254ВМФ4



1	2	3
015	Вертикально-свердлувальний відп. 10,11	Вертикально-свердлильний 2Н150

020	Вертикально–свердильний О1 ЗНКЧ відп. 3 О2 СВРО відп. 4	Вертикально–свердильний 2Н150

Розрахунок режимів різання при обробці деталі

Режими різання визначаються глибиною різання t , подачею S і швидкістю різання V . Значення t , V , S впливають на точність і якість одержуваної поверхні, продуктивність і собівартість обробки.

Для обробки спочатку встановлюють глибину різання, а потім подачу і швидкість різання. Глибину різання приймаємо рівною припуску на заданий розмір оброблюваної поверхні.

Швидкість різання залежить від обраної глибини різання, подачі, якості і марки оброблюваного матеріалу, геометричних параметрів ріжучої частини інструмента і ряду інших чинників. Швидкість різання розраховують за встановленими для кожного виду обробки емпіричними формулами, які мають такий загальний вигляд:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y}$$

Значення коефіцієнта C_v , що характеризують умови обробки, матеріал заготовки, глибину різання і подачу, і показників ступеня, що містяться в цих формулах, так само, як і період стійкості T інструменту, що застосовується для даного виду обробки, вибираються з таблиць [2].

операція 005— фрезерування площини і торця. Фрезерування здійснюється на вертикально—фрезерному верстаті 6P12 торцевої фрезою. Розміри фрези визначаємо виходячи з розмірів оброблюваної поверхні і глибини шару, що зрізається.

Швидкість різання при фрезеруванні розраховується:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m t^x S_z^y B^u Z^p} \cdot K_v,$$

де $B = 71$ мм — ширина фрезерування;

$C_v = 42$, $q = 0,2$, $x = 0,1$, $y = 0,4$, $u = 0,1$, $p = 0,1$, $m = 0,15$

При торцевому фрезеруванні діаметр фрези повинен бути більше ширини фрезерування, вибираємо торцеву насадную фрезу зі вставними ножами зі швидкорізальної сталі (ГОСТ 9304—69)

$D = (1,25 - 1,5) B = 1,3 \cdot 71 = 92,3$, приймаємо $D = 95$, число зубів $z = 12$;

[2, ч. 2, табл. 92 с. 187]

$T = 180$ хв — період стійкості фрези [2, ч. 2, табл. 40 с. 290]

$t = 0,7$ мм — глибина різання

$$s = 1,5 \text{ мм / об}, sz = 0,08 \text{ мм}$$

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{UV}, \text{ де}$$

$$K_{MV} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{n_v} = \left(\frac{190}{190} \right)^{1.25} = 1 \text{ — поправочний коефіцієнт, що враховує вплив}$$

фізико–механічних властивостей обробленого матеріалу на швидкість різання

$$HB = 190$$

$$n_v = 1,25 \text{ — для сірого чавуну [2, ч. 2, табл. 2 с. 262];}$$

$K_{ПV} = 0,8$ — поправочний коефіцієнт, що враховує вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання [2, ч. 2, табл. 5 с. 263];

$K_{UV} = 1$ — поправочний коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання [2, ч. 2, табл. 6 с. 263];

$$K_v = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 = 0,8$$

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m t^x S_z^y B^u z^p} \cdot K_v = \frac{42 \cdot 95^{0,2}}{180^{0,15} \cdot 0,7^{0,1} \cdot 0,08^{0,4} \cdot 71^{0,1} \cdot 10^{0,1}} \cdot 0,8 = 28,3 \text{ мм / хв};$$

операція 010— комбінована, що включає як фрезерування, так і зенкування. Для фрезерування розрахунок аналогічний операції 005.

Зенкування отвори з цекованієм. Вибираємо зенкер цілісний твердосплавний з конічним хвостовиком (ГОСТ 21544–76) діаметром $D = 36 \text{ мм}$, довжина робочої частини $l = 30 \text{ мм}$ [2, ч. 2, табл. 47 с. 153]

Швидкість різання при зенкеруванні розраховується за формулою:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m t^x S^y} \cdot K_v, \text{ де}$$

За довідником вибираємо

$$CV = 105 \text{ q} = 0,4 \text{ x} = 0,15 \text{ y} = 0,45 \text{ m} = 0,4 \text{ [2, ч. 2, табл. 29 с. 279]}$$

T — не нормується

$$t = 0,5 \text{ мм}$$

$$s = 0,7 \text{ мм / об}$$

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує

фактичні умови різання

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{HV} \cdot K_{IV} \cdot K_{PIV}, \text{ де}$$

$$K_{MV} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{n_v} = \left(\frac{190}{190} \right)^{1.3} = 1 - \text{коефіцієнт на оброблюваний матеріал}$$

$n_v = 1,3$ – для чавуну [2, ч. 2, табл. 2 с. 262];

$K_{HV} = 0,83$ – коефіцієнт на інструментальний матеріал.

$K_{IV} = 1$ – коефіцієнт, що враховує глибину свердління.

$K_{PIV} = 0,8$ – коефіцієнт, що враховує вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання.

$$K_v = 0,83 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 = 0,7$$

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m t^x S^y} \cdot K_v = \frac{105 \cdot 36^{0,4}}{0,5^{0,15} \cdot 0,7^{0,45}} \cdot 0,7 = 502 \text{ мм / хв}$$

операція 015 – свердління двох отворів. Вибираємо свердло (ГОСТ 4010–77), діаметр свердла $d = 9$ мм, довжина робочої частини $l = 30$ мм.

Швидкість різання визначається за формулою:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m S^y} \cdot K_v$$

За довідником [2, ч. 2, табл. 28 с. 278] вибираємо:

$$CV = 14,7, q = 0,25, y = 0,55, m = 0,125, T = 15 \text{ хв}, t = 4,5 \text{ мм}, s = 0,1 \text{ мм / об}$$

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{HV} \cdot K_{IV} \cdot K_{PIV},$$

$$\text{де } K_{MV} = 1 \quad K_{HV} = 0,83 \quad K_{IV} = 1 \quad K_{PIV} = 0,8$$

$$K_v = 0,83 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 = 0,7$$

Швидкість різання визначається:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m S^y} \cdot K_v = \frac{14,7 \cdot 9^{0,25}}{15^{0,125} \cdot 0,1^{0,55}} \cdot 0,7 = 21,2 \text{ мм / хв}$$

операція 020 – Зенкування отвори. Вибираємо зенкер цілісний

твердосплавний з конічним хвостовиком (ГОСТ 21544–76) діаметром $D = 36$ мм, довжина робочої частини $l = 30$ мм [2, ч. 2, табл. 47 с. 153]

Швидкість різання при зенкеруванні розраховується за формулою:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m t^x S^y} \cdot K_v, \text{ де}$$

За довідником вибираємо

$$CV = 105 \quad q = 0,4 \quad x = 0,15 \quad y = 0,45 \quad m = 0,4 \quad [2, \text{ч. 2, табл. 29 с. 279}]$$

T – не нормується

$$t = 0,2 \text{ мм}$$

$$s = 0,7 \text{ мм / об}$$

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{HV} \cdot K_{IV} \cdot K_{PIV}, \text{ де}$$

$$K_{MV} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{n_v} = \left(\frac{190}{190} \right)^{1,3} = 1 \text{ – коефіцієнт на оброблюваний матеріал}$$

$$n^v = 1,3 \text{ – для чавуну [2, ч. 2, табл. 2 с. 262];}$$

$$K_{HV} = 0,83 \text{ – коефіцієнт на інструментальний матеріал.}$$

$$K_{IV} = 1 \text{ – коефіцієнт, що враховує глибину свердління.}$$

$$K_{PIV} = 0,8 \text{ – коефіцієнт, що враховує вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання.}$$

$$K_v = 0,83 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 = 0,7$$

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m t^x S^y} \cdot K_v = \frac{105 \cdot 36^{0,4}}{0,2^{0,15} \cdot 0,7^{0,45}} \cdot 0,7 = 678 \text{ мм / хв}$$

Нормування технологічного процесу

Під технічно обґрунтованою нормою часу розуміється час, необхідний для виконання заданого обсягу роботи (операції) за певних організаційно–технічних умов і найбільш ефективного використання всіх засобів виробництва і передового досвіду новаторів.

Норма часу на верстатну операцію

$$T_{\text{ш}} = T_O + T_B + T_{OT} + T_{OBC}, \text{ де}$$

T_O – основне (машинне час);

T_B – допоміжний час, що складається з часу на установку і зняття деталі, часу, пов'язаного з переходом часу на вимір, зміну інструменту і зміна режимів різання.

Основний час розраховується за формулою

$$T_O = \frac{L}{S_m} \cdot i, \text{ де}$$

i – кількість робочих ходів

$L = l + l_1 + l_2$ – розрахункова довжина обробки в напрямку подачі, тут

l – довжина обробки за кресленням;

l_1 – додаткова довжина на врізання і перебігаючи інструменту;

l_2 – додаткова довжина на взяття пробних стружок різання.

$S_m = S_0 \cdot n$ – хвилинний подача

Допоміжний час T_B складається з витрат часу на окремі прийоми:

$$T_B = t_{\text{yc}} + t_{\text{в.оп.}} + t_{\text{контр}}, \text{ де}$$

t_{yc} – час на установку і зняття деталі

$t_{\text{в.оп.}}$ – допоміжний час, пов'язане з виконанням операції

$t_{\text{контр}}$ – час на контрольне вимірювання деталі

Розрахунок норми часу на операції 005

$L = 110 \text{ мм},$

$s_0 = 1,5 \text{ мм / об},$

прийmemo $n = 300 \text{ об / хв},$

$S_m = 1,5 \cdot 300 = 450 \text{ мм / хв},$

$$i = \frac{h}{t} = \frac{0,7}{0,7} = 1.$$

тоді

$$T_O = \frac{L}{S_m} \cdot i = \frac{110}{450} \cdot 1 = 0,24 \text{ хв},$$

За таблицями [4, табл. 4.6–4.10 с. 159–163] вибираємо:

$$t_{yc} = a \cdot Qx = 0,235 \cdot 0,280,21 = 0,18 \text{ хв},$$

$$t_{в.оп.} = 0,08 \text{ хв},$$

$$t_{контр} = 0,12 \text{ хв},$$

$$T_B = t_{yc} + t_{в.оп.} + t_{контр} = 0,18 + 0,08 + 0,12 = 0,38 \text{ хв}$$

$$t_{ой} = 0,016 \text{ хв},$$

$$T_{обс} = 0,04 \text{ хв},$$

$$T_{ш} = T_O + T_B + T_{OT} + T_{ОБС} = 0,24 + 0,38 + 0,016 + 0,04 = 0,676 \text{ хв}$$

Розрахунок норми часу на операцію 010.

$$L = l + l1 + l2 = 22 + 8 + 8 = 38 \text{ мм},$$

$$s0 = 0,7 \text{ мм / об},$$

$$\text{прийmemo } n = 200 \text{ об / хв},$$

$$Sm = 0,7 \cdot 200 = 140 \text{ мм / хв},$$

$$i = \frac{h}{t} = \frac{0,2}{0,2} = 1.$$

тоді

$$T_O = \frac{L}{S_m} \cdot i = \frac{38}{140} \cdot 1 = 0,27 \text{ хв}.$$

За таблицями [4, табл. 4.6–4.10 с. 159–163] вибираємо:

$$t_{yc} = a \cdot Qx = 0,235 \cdot 0,280,21 = 0,18 \text{ хв}$$

$$t_{в.оп.} = 0,078 \text{ хв},$$

$$t_{контр} = 0,117 \text{ хв},$$

$$T_B = t_{yc} + t_{в.оп.} + t_{контр} = 0,18 + 0,078 + 0,117 = 0,375 \text{ хв}$$

$$t_{ой} = 0,0156 \text{ хв},$$

$$T_{обс} = 0,04 \text{ хв},$$

$$T_{ш} = T_O + T_B + T_{OT} + T_{ОБС} = 0,27 + 0,375 + 0,0156 + 0,04 = 0,7 \text{ хв}$$

Розрахунок норми часу на операцію 015.

$$L = l + l1 + l2 = 11 + 6 + 6 = 23 \text{ мм}$$

$$s_0 = 0,6 \text{ мм / об}$$

$$\text{прийmemo } n = 300 \text{ об / хв}$$

$$S_m = 0,7 \cdot 300 = 210 \text{ мм / хв}$$

$$i = \frac{h}{t} = \frac{0,7}{0,7} = 1$$

тоді

$$T_o = \frac{L}{S_m} \cdot i = \frac{23}{210} \cdot 1 = 0,11 \text{ хв}$$

За таблицями [4, табл. 4.6–4.10 с. 159–163] вибираємо:

$$t_{yc} = a \cdot Q_x = 0,235 \cdot 0,280,21 = 0,18 \text{ хв}$$

$$t_{в.оп.} = 0,11 \text{ хв,}$$

$$t_{контр} = 0,165 \text{ хв,}$$

$$T_B = t_{yc} + t_{в.оп.} + t_{контр} = 0,18 + 0,11 + 0,165 = 0,455 \text{ хв}$$

$$t_{ой} = 0,016 \text{ хв}$$

$$T_{обс} = 0,04 \text{ хв}$$

$$T_{и} = T_o + T_B + T_{ой} + T_{обс} = 0,11 + 0,455 + 0,016 + 0,04 = 0,621 \text{ хв}$$

Розрахунок норми часу на операцію 020.

$$L = l + l_1 + l_2 = 22 + 8 + 8 = 38 \text{ мм,}$$

$$s_0 = 0,7 \text{ мм / об,}$$

$$\text{прийmemo } n = 200 \text{ об / хв,}$$

$$S_m = 0,7 \cdot 200 = 140 \text{ мм / хв,}$$

$$i = \frac{h}{t} = \frac{0,2}{0,2} = 1.$$

тоді

$$T_o = \frac{L}{S_m} \cdot i = \frac{38}{140} \cdot 1 = 0,27 \text{ хв.}$$

За таблицями [4, табл. 4.6–4.10 с. 159–163] вибираємо:

$$t_{yc} = a \cdot Q_x = 0,235 \cdot 0,280,21 = 0,18 \text{ хв}$$

$$t_{в.оп.} = 0,078 \text{ хв,}$$

$$t_{\text{контр}} = 0,117 \text{ хв},$$

$$T_B = t_{\text{ус}} + t_{\text{в.оп.}} + t_{\text{контр}} = 0,18 + 0,078 + 0,117 = 0,375 \text{ хв}$$

$$t_{\text{ой}} = 0,0156 \text{ хв},$$

$$T_{\text{обс}} = 0,04 \text{ хв},$$

$$T_{\text{ш}} = T_O + T_B + T_{\text{от}} + T_{\text{обс}} = 0,27 + 0,375 + 0,0156 + 0,04 = 0,7 \text{ хв}$$

На підставі розрахунків заповнюються операційні карти (див. Додаток)

Конструювання і розрахунок установчо–затискного пристрою

Пристосування призначене для установки і закріплення деталі на комбінованій операції 010. Воно дозволяє здійснити процес базування і фіксації деталі відповідно до схеми базування (рисунок 7.5.), розробленої при проектуванні укрупненого маршруту.

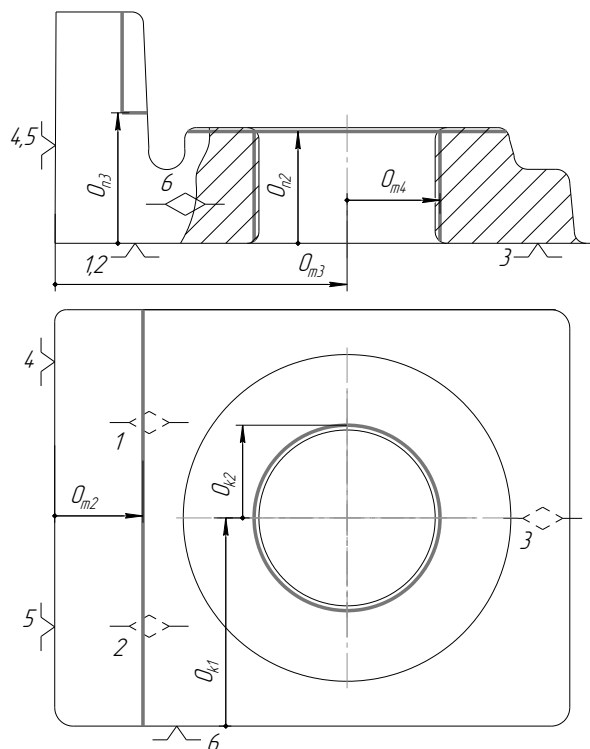


Рис. 7.5. Схема базування на комбінованій операції 010

Як затиску застосовується затиск ексцентриковий (рисунок 6.6.), для якого проведемо розрахунок сил затиску.

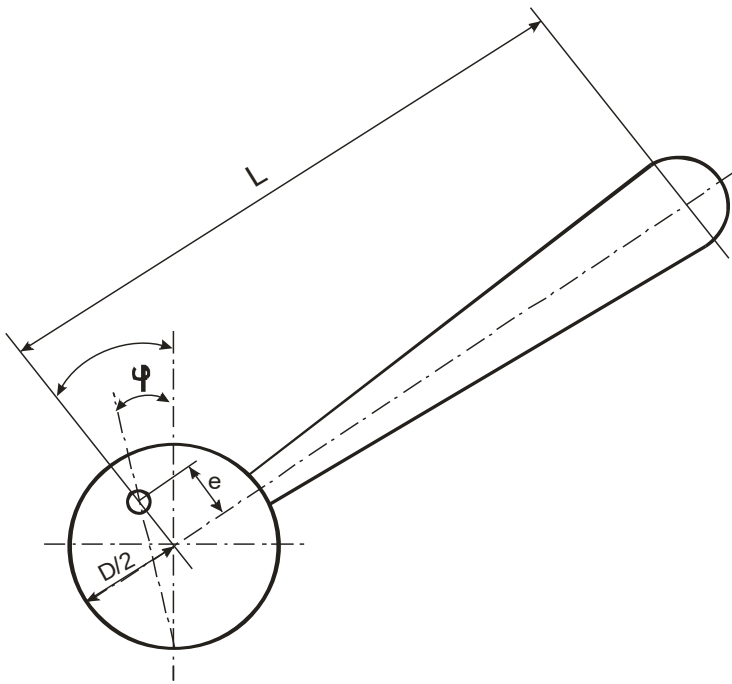


Рис. 7.6. Зажим ексцентриковий

Величина сил затиску визначається з умови рівноваги сил, що виникають в процесі обробки, сил затиску і реакцій опор. Причому основними силами процесу є сили різання. Визначається необхідна сила затиску з урахуванням коефіцієнта запасу K , що передбачає можливе збільшення сили різання внаслідок затуплення різального інструменту, неоднорідності оброблюваного матеріалу, нерівномірності припуску і т.д.

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5;$$

де: $K_0 = 1,5$ – гарантований коефіцієнт запасу для всіх випадків;

K_1 – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовок, $K_1 = 1,2$ (чистове заготовка);

K_2 – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання від прогресуючого затуплення інструменту, $K_2 = 1,2$;

K_3 – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання при переривчастому різанні, $K_3 = 1,0$;

K_4 – коефіцієнт, що враховує сталість сили затиску, що розвивається силовим приводом пристосування, $K_4 = 1,3$;

K_5 – коефіцієнт, що враховується тільки при наявності моментів, що крутять, що прагнуть повернути оброблювану деталь, $K_5 = 1,0$.

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1,0 = 2,8.$$

Розрахуємо необхідне зусилля затиску:

$$W = K \cdot \frac{P_2(b + a \cdot f) + P_1 \cdot Z_0}{f^2 \cdot a + b \cdot f + Z};$$

$$N_{\text{рез}} = (E \cdot V \cdot t \cdot Z) / 1000 \cdot K_1 \cdot K_2 = 0,6 \cdot (90 \cdot 3,5 \cdot 5) / 1000 \cdot 1,1 \cdot 1,0 =$$

1,04 Квт

$$P = N_{\text{рез}} / V = 1000 \cdot 1,04 / 90 = 11,5 \text{ Н}$$

де: $P_1 = 11,5 \text{ Н}$; $P_2 = 0,3 \cdot P_1 = 3,46 \text{ Н}$; – сили різання;

$f = 0,25$ – коефіцієнт тертя на робочих поверхнях затискачів (для гладких поверхонь);

K – коефіцієнт запасу;

$a = 80 \text{ мм}$; $b = 30 \text{ мм}$; $Z = 23 \text{ мм}$; $Z_0 = 40 \text{ мм}$

$$W = 2,8 \cdot \frac{3,46 \cdot (30 + 80 \cdot 0,25) + 11,5 \cdot 40}{0,25^2 \cdot 80 + 30 \cdot 0,25 + 23} = 19,9 \text{ кгс}.$$

Можливе зусилля затиску.

Зусилля затиску круговим ексцентриком визначається за формулою:

$$W = \frac{Q \cdot l}{p \cdot [tg(\alpha + \varphi) + tg \varphi_1]};$$

де: $Q = 15 \text{ кгс}$ – сила, прикладена до рукоятки ексцентрика;

l – плече прикладання сили в мм;

$D = 32 \text{ мм}$ – діаметр кругового ексцентрика;

$p = 10 \text{ мм}$ – відстань від осі обертання ексцентрика до точки дотику його з виробом;

$\varphi = 5,7^\circ$ – кут тертя між виробом і ексцентриком;

$\varphi_1 = 5,7^\circ$ – кут тертя на осі ексцентрика;

α – кут підйому кривої ексцентрика.

$$l = l_1 + 0,5 \cdot D;$$

де $l_1 = 70 \text{ мм}$ – довжина рукоятки.

$$l = 70 + 0,5 \cdot 32 = 86 \text{ мм}.$$

Визначаємо кут підйому кривої ексцентрика α .

Допустимий кут повороту ексцентрика $\gamma = 45^\circ$.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{e \cdot \cos \beta}{0.5 \cdot D - e \cdot \sin \beta};$$

де: $e = 1.7$ мм – ексцентриситет;

$$\beta = 90^\circ - \gamma = 90^\circ - 45^\circ = 45^\circ.$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1.7 \cdot \cos 45^\circ}{0.5 \cdot 32 - 1.7 \cdot \sin 45^\circ} = 0.081;$$

$$\alpha = 4.64^\circ;$$

$$W = \frac{15 \cdot 86}{10 \cdot [\operatorname{tg}(4.64^\circ + 5.7^\circ) + \operatorname{tg} 5.7^\circ]} = 457.01 \text{ кгс.}$$

У процесі проектування була детально розроблена технологія виготовлення машинної деталі типу «кронштейн», яка виконує функцію опори для вала ножового диска у складі модернізованої малогабаритної дробарки томатів. На початковому етапі здійснено аналіз технологічності конструкції, в ході якого було встановлено, що деталь не містить важкодоступних поверхонь, має просту геометрію та придатна до обробки стандартними методами з використанням доступного металорізального обладнання.

На основі порівняльного аналізу способів виготовлення заготовок було обґрунтовано вибір методу лиття в піщано-глинисті форми як найбільш оптимального для даних умов виробництва, що дозволяє отримати виливок 3 класу точності з мінімальними припусками на обробку. Надалі виконано розробку укрупненого маршруту обробки деталі, який враховує конструктивні особливості, вимоги до точності посадкових поверхонь та економічну доцільність технологічних рішень.

Особливу увагу приділено вибору технологічних баз на першій операції, де як головну базу прийнято внутрішній отвір, що забезпечує центрування вала. Це дозволило забезпечити точне взаємне розташування основних функціональних поверхонь і задати правильну послідовність переходів.

Згідно з довідковими матеріалами та таблицями режимів обробки проведено розрахунок режимів різання для кожного технологічного переходу, а також

виконано нормування трудомісткості операцій. На підставі призначених параметрів обрано типове обладнання, яке дозволяє виконати обробку з урахуванням продуктивності та вимог до точності.

Для забезпечення надійного закріплення деталі під час обробки розроблено конструкцію установчо-затискного пристрою, до якої виконано силовий розрахунок. Було враховано вплив зусиль різання, реакцій опор та умов базування, що дозволяє гарантувати жорсткість закріплення та точність взаємного розташування поверхонь під час обробки.

Таким чином, розроблений технологічний процес повністю відповідає вимогам до надійності, точності, технологічності та економічної доцільності виготовлення деталі, що працює в умовах навантаження на обертання та вібрацію в конструкції харчового обладнання.

8. Правила монтажу, експлуатації та ремонту обладнання

Машини для подрібнення овочевої сировини, зокрема томатів, належать до категорії обладнання безперервної дії, де порушення правил монтажу чи обслуговування може призвести не лише до зниження якості готової продукції, але й до виходу з ладу окремих вузлів. Особливо це актуально для машин з високошвидкісними обертовими елементами, які потребують підвищеної точності балансування та чистоти робочої зони. У конструкції модернізованої дробарки передбачено впровадження СІР-системи очищення, що накладає додаткові вимоги до гігієни, герметичності та правильного підключення мийних контурів.

Усі операції з монтажу, пуску, обслуговування та ремонту повинні виконуватись виключно підготовленим персоналом, який ознайомлений із конструкцією обладнання, правилами електробезпеки, нормами харчової гігієни та заходами запобігання травматизму.

Монтаж і введення в експлуатацію

Перед встановленням дробарки готується спеціальний майданчик з твердим покриттям (бетон, армована плита), який забезпечує стійке горизонтальне положення обладнання. Рама машини закріплюється до основи анкерними болтами або встановлюється на гумові віброізолюючі опори, що знижують рівень шуму та вібрації під час роботи.

Після механічного встановлення здійснюється підключення електродвигуна до мережі. Двигун повинен бути підключений через пускову апаратуру з тепловим захистом, а також заземлений. Опір заземлення не повинен перевищувати 40 Ом відповідно до вимог ПУЕ. Перед запуском перевіряється правильність обертання ротора, відсутність сторонніх звуків, легкість обертання вручну (при відключеному живленні).

У модернізованій конструкції СІР-система підключається через спеціальний штуцер на корпусі дробарки. До нього приєднується трубопровід або гнучкий шланг від мийної станції або мобільного резервуара з насосом. Перед першим запуском СІР перевіряється герметичність усіх з'єднань, справність форсунок та наявність

дренажного патрубку.

Правила експлуатації

Перед початком роботи дробарку промивають гарячою водою температурою не нижче 50 °С. Після цього монтуються всі внутрішні вузли, перевіряється надійність фіксації ножів, чистота поверхонь та цілісність ущільнень. У піддоне встановлюється чиста ємність для приймання подрібненої томатної маси.

Запуск машини здійснюється після натискання кнопки «Сітка» або пускового реле. Завантаження томатів у бункер слід здійснювати поступово, без перевантаження. Для цього використовується спеціальна лопатка, що постачається з обладнанням. Категорично заборонено подавати сировину руками або сторонніми предметами.

Під час роботи необхідно стежити за стабільністю подачі сировини, рівномірністю завантаження, а також візуально контролювати рівень вібрацій. У разі надмірного шуму або стуку роботу потрібно негайно припинити й провести технічний огляд.

Після завершення циклу обробки слід дочекатися повного виходу продукту через вивантажувальний жолоб. Лише після цього дозволяється зупинка ротора кнопкою «Стоп». У разі наявності залишків продукту в камері, допускається очищення робочої зони лопаткою до повного звільнення перед зупинкою.

Мийка та санітарна обробка

Важливою перевагою модернізованої дробарки є наявність СІР-системи, яка дозволяє виконувати мийку внутрішніх поверхонь без розбирання апарата. Після завершення роботи виконується наступна послідовність:

1. Відключення обладнання від живлення.
2. Видалення залишків продукту з камери.
3. Запуск СІР-мийки: подача мийного лужного розчину температурою 65–75 °С через встановлені форсунки.
4. Промивання внутрішньої поверхні з подальшим дренаванням через зливний патрубок.

5. Подальше ополіскування гарячою водою температурою не нижче 70 °С.

6. За потреби – повторний цикл із кислотним розчином.

Періодично (наприклад, раз на тиждень) рекомендується проводити ручний огляд внутрішніх поверхонь, особливо зони лопатей і ущільнень.

Після завершення повної зміни СІР-систему можна промити чистою водою із зовнішнього резервуара, просушити або залишити з невеликим залишком води (якщо використовується у безперервному виробництві).

Обслуговування і поточний ремонт

Для забезпечення стабільної роботи дробарки рекомендовано виконувати регулярне технічне обслуговування згідно з плановою періодичністю:

Щодня: зовнішній огляд, перевірка фіксації вузлів, мийка, протирання приводу.

Щотижня: перевірка затягування гвинтів, очищення форсунок СІР, перевірка сальників і герметичності трубопроводів.

Щомісяця: огляд зношення ріжучих елементів, перевірка валу, балансування (у разі вібрацій), очищення магістралей подачі мийної рідини.

Усі ремонтні роботи проводяться лише після повного відключення обладнання від електромережі. Ремонт ножів, валу, ущільнень або електроприводу виконується кваліфікованим персоналом згідно з інструкцією. У разі спрацювання теплового захисту пускача необхідно:

- Перевірити, чи не перевантажена камера продуктом.
- Зменшити порцію подачі.
- Натиснути кнопку «Скидання реле» та повторити запуск.

У разі ускладнень з монтажем ротора або статора необхідно промити вузли гарячою водою і перевірити відсутність залишків у камері.

Зберігання, консервація, безпечність

У разі тривалого простою обладнання (більше 7 днів) всі вузли слід ретельно очистити, просушити, змастити технічним вазеліном або харчовим мастилом. Машина зберігається в сухому приміщенні при температурі від 0 до +40 °С, без дії агресивних парів і пилу.

Окремо зберігаються ножі та ущільнювачі, попередньо оброблені консервантом. СІР-система зливається повністю, при цьому форсунки продуваються стисненим повітрям або висушуються.

Дотримання вимог монтажу, пуску та обслуговування дробарки гарантує її безперебійну та безпечну роботу. Модернізація конструкції шляхом додавання СІР-системи значно спрощує процес очищення, зменшує ризики забруднення та дозволяє підприємству відповідати сучасним гігієнічним вимогам, що є особливо важливим для виробництва продукції з високою біологічною активністю, як-от томатні пюре, пасти та соуси.

9. Система управління

Загальні вимоги до керування

Система керування харчовим обладнанням повинна забезпечувати надійність, безпеку, простоту в експлуатації, а також можливість оперативного контролю параметрів технологічного процесу. У разі модернізації дробарки з інтеграцією СІР-системи важливим стає питання автоматизації санітарних операцій, які мають бути ефективними, повторюваними та контрольованими.

Для забезпечення таких вимог передбачено поетапну структуру системи керування, яка поєднує ручний режим, елементи часткової автоматизації (таймери, реле, індикація) та опцію повної автоматизації на базі ПЛК або мікроконтролера.

Система керування основним обладнанням

Основний привод дробарки — асинхронний електродвигун, керування яким здійснюється через магнітний пускач з тепловим реле та кнопковий пост:

Кнопка «Сітка» — подача живлення;

Кнопка «Пуск» — запуск двигуна;

Кнопка «Стоп» — аварійне або штатне зупинення;

Сигнальна лампа — індикація режиму роботи.

Для захисту двигуна використовується теплове реле типу РТІ-1301 або Lovato RTE, яке спрацьовує у випадку перевантаження. Вимикачі та пускачі можуть бути виробництва Schneider Electric, Eaton, Lovato, IEK.

Управління СІР-системою

СІР-мийка передбачає кілька фаз: лужне миття, кислотне ополіскування, промивання водою. Її керування реалізується за двома можливими сценаріями:

1) Напівавтоматичне керування (бюджетна реалізація):

Вмикач мийного насоса — ручний (типу кнопка або тумблер);

Подача мийного розчину виконується оператором із зовнішнього резервуара;

Таймерне реле (наприклад, Omron H3CR, EKF TR1) дозволяє задати тривалість промивання (наприклад, 5 хв).

Індикація: LED-лампи або звуковий сигнал по завершенню циклу.

2) Автоматичне керування (базоване на ПЛК):

У цьому випадку використовується програмований логічний контролер (ПЛК),
наприклад:

Siemens LOGO! 8,

Schneider Zelio SR2,

Weidmüller uControl,

або в бюджетному варіанті — Arduino/ESP32 з сенсорним екраном Nextion.

Алгоритм керування включає:

- автоматичне дозування мийного розчину;
- контроль температури мийки (через датчик температури типу PT100 або DS18B20);
- контроль тиску подачі (датчик тиску WIKA A-10, IFM PN7094);
- сигналізація завершення кожного етапу;
- можливість вибору програми (коротка / повна мийка).

Сенсорна панель керування (HMI) — наприклад, Weintek MT8051iE або Siemens KTP400 Basic — дозволяє оператору обирати режим, бачити стан форсунок, переглядати помилки (відсутність рідини, недостатній тиск тощо). *Контроль*

параметрів і безпека

Система керування передбачає впровадження датчиків контролю ключових параметрів:

- Датчик рівня мийної рідини в резервуарі (типу IFM LI5140 або KROHNE);
- Датчик обертання ротора/швидкості (індуктивний, наприклад, Pepperl+Fuchs NJ5-18GM);
- Датчик тиску подачі мийки — слідкує за наявністю циркуляції;
- Аварійний вимикач живлення — типу «грибок» для безпечної зупинки.

Захист системи забезпечується шляхом:

- спрацювання теплового реле при перевантаженні;
- блокування запуску CIP, якщо двигун працює;
- сигналізації про відкриту кришку або неправильне положення вузлів.

Розширені можливості автоматизації

Сучасні виробничі лінії потребують можливості підключення обладнання до загальної SCADA-системи або моніторингу через хмару. Це можна реалізувати шляхом:

- додавання модуля Modbus RTU / TCP (наприклад, Siemens LOGO! CMR);
- організації журналу миттів (CIP-лог) через зовнішню SD-карту або Wi-Fi-модуль;
- передавання статусів обладнання на центральний пульт.

У разі підключення до локальної мережі передбачено використання інтерфейсів RS-485, Ethernet або Wi-Fi (у мікроконтролерних рішеннях).

Запропонована система керування поєднує надійність, простоту та можливість поетапної автоматизації. Вона дозволяє ефективно керувати як основним процесом подрібнення, так і CIP-мийкою, що істотно підвищує санітарну ефективність обладнання. У базовій конфігурації використовується кнопочке керування та ручний режим миття, у модернізованій — впроваджується ПЛК з панеллю керування, автоматичне дозування та контроль температури й тиску. Це дозволяє оператору точно дотримуватись гігієнічних вимог, уникати помилок і оптимізувати витрати часу та ресурсів.

10. Охорона праці

Небезпечні та шкідливі фактори та заходи захисту

У процесі експлуатації дробарки працівники можуть зазнавати дії як постійних, так і періодичних небезпечних факторів. Основними з них є вплив обертових частин, ріжучих елементів, електричного струму, гарячих мийних рідин, шуму, вібрації та хімічних речовин. Кожному фактору відповідає конкретний захід захисту, впроваджений як на конструктивному рівні, так і організаційно.

Обертові частини машини, включно з ножовим диском і валом, можуть стати джерелом травматизму при необережному поводженні або відсутності захисних кожухів. Для запобігання цьому передбачено повне закриття ріжучого вузла під час роботи, а також блокування запуску двигуна при відкритому корпусі. Ріжучі елементи, навіть у зупиненому стані, можуть спричинити порізи, тому оператор повинен працювати в захисних рукавицях і дотримуватись інструкції щодо демонтажу.

Контакт з електричним струмом є потенційно смертельним ризиком, особливо у вологому середовищі. Всі електричні елементи дробарки мають герметичне виконання, а підключення до мережі здійснюється через заземлений пускач із тепловим реле. Додатково передбачено аварійне вимкнення та вимоги до періодичного контролю ізоляції.

У модернізованій системі СІР додано ще один критичний фактор — температура мийного розчину. Оскільки вода або лужні рідини можуть досягати 70–80 °С, передбачено використання термостійких рукавиць, а сам процес очищення можливий лише при герметично закритій камері.

Хімічні речовини, зокрема лужні або кислотні мийні засоби, можуть спричиняти подразнення шкіри або опіки. Для цього обслуговуючий персонал забезпечується засобами індивідуального захисту — фартухом, окулярами, рукавицями. Додатково інструкцією визначено порядок розведення концентратів та їх утилізації.

Шум і вібрація, що виникають при роботі дробарки, мають накопичувальну

дію. Для зменшення їх впливу використовуються антивібраційні опори та шумоізолюючі кожухи. Працівникам, що тривалий час працюють поблизу обладнання, рекомендується використовувати беруші або навушники.

Таким чином, кожен фактор враховується на рівні конструкції, правил експлуатації або засобів індивідуального захисту, що дозволяє знизити ризик до допустимого рівня.

Таблиця 10.1 – Небезпечні та шкідливі виробничі фактори при роботі з дробаркою томатів

№	Характер фактору	Джерело виникнення	Можливі наслідки	Заходи захисту
1	Рухомі частини	Обертний ножовий диск, вал двигуна	Порізи, травми рук, затулювання одягу	Захисний кожух, блокування пуску, інструктаж, ЗІЗ (рукавиці)
2	Ріжучі елементи	Заточені ножі та робочі диски	Глибокі порізи під час демонтажу	Роботи лише з відключеним живленням, ЗІЗ рук
3	Електричний струм	Двигун, пускач, електрощит	Ураження струмом, опіки, фібриляція	Заземлення, теплове реле, ІР-захист, вологозахиснені розетки
4	Хімічні речовини	Лужні та кислотні мийні розчини СІР-системи	Опіки шкіри та очей, подразнення дихання	Захисні рукавички, окуляри, фартух, витяжна вентиляція
5	Висока температура	Гаряча вода та пара під час мийки	Термічні опіки шкіри	Термоізоляція труб, ЗІЗ, регламент температури
6	Механічне перевантаження	Надмірна подача сировини до бункера	Заклинювання, перегрів двигуна	Встановлення обмежувача подачі, теплове реле
7	Шум	Робота ножового блоку та електродвигуна	Поступова втрата слуху, психічне навантаження	Шумопоглинаючі кожухи, беруші, обмеження тривалості впливу
8	Вібрація	Дисбаланс ротора, зношення підшипників	Втома м'язів, порушення координації	Балансування, технічний контроль, віброопори, відпочинок
9	Вологе середовище	Часте миття, залишки соку, вода на підлозі	Падіння, ураження струмом	Протисковне взуття, діелектричні килимки, зливи на підлозі
10	Психофізіологічне навантаження	Одноманітна робота, відповідальність за безпеку	Зниження уваги, підвищена втома	Рационалізація режиму праці, перерви, чергування

Реалізація конструктивного захисту, використання сучасних матеріалів, чітке дотримання регламентів і систематичне навчання персоналу дозволяють значно знизити рівень виробничих ризиків під час експлуатації модернізованої дробарки томатів. Дотримання правил охорони праці є обов'язковою умовою допуску до

роботи з обладнанням і визначальним чинником у запобіганні професійним захворюванням, травматизму та простою виробництва.

Пожежна безпека

Незважаючи на те, що подрібнювальне обладнання не належить до категорії машин із підвищеним ризиком займання, порушення правил експлуатації, зокрема електрообладнання, може призвести до виникнення пожежонебезпечної ситуації. Основними потенційними причинами займання є коротке замикання в електропроводці, перегрів пускової апаратури, недостатній захист від вологи, а також використання невідповідних або нестійких до високих температур матеріалів.

Електродвигун дробарки працює у вологому середовищі, тому повинен бути встановлений у корпусі з високим ступенем захисту від вологи та пилу (не нижче IP54). Вся кабельна проводка повинна бути змонтована в герметичних гофротрубах або металевих лотках, а розетки і вимикачі — мати захисні кожухи. Система заземлення повинна відповідати вимогам ДСТУ EN 60204-1 та мати опір не більше 4 Ом.

Приміщення, в якому експлуатується обладнання, повинно бути оснащене первинними засобами пожежогасіння. До них належать порошкові вогнегасники не нижче класу 5А–21ВС, які встановлюються на відстані не більше ніж 5 метрів від дробарки. Також необхідно забезпечити доступність пожежного щита з комплектом протипожежного інвентарю: відро, лопата, ящик із піском. У разі наявності системи водопостачання обов'язковим є гідрант або кран з рукавом.

Кожен працівник, який має доступ до роботи з дробаркою, повинен бути ознайомлений із планом евакуації, інструкцією з дій у разі пожежі та пройти первинний протипожежний інструктаж. У разі аварійного відключення електропостачання або виявлення диму всі дії повинні бути чіткими, відповідно до алгоритму, прописаного в локальному нормативному документі підприємства.

Інструктажі

Підготовка персоналу до роботи з технологічним обладнанням є однією з ключових умов зниження виробничих ризиків. Згідно з вимогами законодавства

України в галузі охорони праці, зокрема Закону України «Про охорону праці» та відповідних положень Держпраці, кожен працівник до початку самостійної роботи повинен пройти встановлені види інструктажів.

Першим етапом є вступний інструктаж, що проводиться в службі охорони праці підприємства для ознайомлення з загальними правилами безпеки, нормами поведінки у виробничих приміщеннях, основами пожежної безпеки та правилами евакуації. Далі здійснюється первинний інструктаж на робочому місці, в ході якого працівник детально знайомиться з конструкцією дробарки, правилами запуску, технікою безпечного обслуговування, зокрема СІР-мийки, та основними алгоритмами дій у надзвичайних ситуаціях.

Регулярно, не рідше одного разу на шість місяців, проводиться повторний інструктаж з метою закріплення знань та виявлення потенційних порушень у діях працівників. Позаплановий інструктаж проводиться у разі змін у технологічному процесі, впровадження нових вузлів, модернізації системи керування або у випадку нещасного випадку. Окремо виділяється цільовий інструктаж, який проводиться перед виконанням разових небезпечних робіт, включаючи демонтаж вузлів, ручне очищення ножів, ремонт СІР-системи.

Усі інструктажі фіксуються в журналі встановленого зразка із зазначенням дати, підписів інструктора і працівника. Відмова від проходження інструктажу є підставою для недопущення до роботи.

Шум

Використання високошвидкісного роторного обладнання, зокрема ножового подрібнювального блоку, призводить до утворення звукових коливань, які можуть негативно впливати на органи слуху персоналу. Згідно з чинними санітарними нормами, допустимий рівень шуму на робочому місці не повинен перевищувати 85 дБ при восьмигодинному робочому дні. У конструкції дробарки передбачено низку інженерних рішень, що дозволяють знизити шумове навантаження: балансування ротора, встановлення захисного кожуха з антивібраційною прокладкою, гасіння звуку в зоні обертання за допомогою гумових ущільнювачів.

Втім, у режимі інтенсивного подрібнення рівень шуму може перевищувати 75 дБ, що є безпечним, але вимагає періодичного чергування зони перебування оператора. Рекомендується застосування індивідуальних засобів захисту органів слуху: вкладиші, беруші або шумозахисні навушники з амортизувальною накладкою. Тривале перебування в зоні підвищеного шуму без захисту може призвести до тимчасового або стійкого зниження слуху.

На підприємстві має бути проведена паспортизація рівня шуму, і при його перевищенні — реалізовані заходи з локальної звукоізоляції або обмеження часу перебування працівника в зоні дії джерела шуму.

Вібрація

Одним з небезпечних фізичних факторів у роботі подрібнювального обладнання є вібраційне навантаження, що виникає внаслідок високої частоти обертання ножового диска, дисбалансу роторних елементів, зношення підшипників або нерівномірного розподілу маси сировини в камері подрібнення. Довготривала дія вібрацій на тіло людини, особливо у положенні стоячи з тривалим контактом з корпусом машини, може спричинити розлади кровообігу, порушення нервової системи, а також хвороби опорно-рухового апарату.

У модернізованій конструкції передбачено встановлення роторів зі зменшеним рівнем дисбалансу, застосування прецизійних підшипників, а також монтаж обладнання на спеціальних амортизувальних опорах, що частково поглинають вібрації. Оператор зобов'язаний дотримуватися рекомендованих режимів роботи, не перебувати постійно у контакті з вібруючими поверхнями, здійснювати регулярні перерви та зміну положення тіла. За необхідності використовуються віброізолюючі килимки, рукавички або підкладки під ноги.

Рекомендується здійснювати періодичний контроль амплітуди вібрацій за допомогою переносних віброметрів. При виявленні перевищення гранично допустимих рівнів слід провести балансування ротора або технічний огляд вузлів обертання.

11. Охорона довкілля

Збереження навколишнього природного середовища є невід'ємною складовою будь-якого сучасного технічного процесу, особливо у харчовій промисловості, де технології тісно пов'язані з водоспоживанням, органічними залишками та споживанням енергії. В процесі експлуатації малогабаритної дробарки томатів, як і при функціонуванні інших машин первинної переробки овочевої сировини, виникають екологічні виклики, пов'язані з поводженням з харчовими відходами, санітарними мийками, шумовим і вібраційним фоном.

Застосування модернізованої конструкції, оснащеної СІР-системою очищення, сприяє зменшенню впливу на довкілля шляхом зниження водоспоживання, зменшення викидів органічних речовин у каналізаційну систему та зниження потреби в використанні агресивних мийних засобів.

Виробничі відходи та поводження з ними

У процесі подрібнення томатів основними видами твердих відходів є шкірка, насіння та залишки м'якоті, які не проходять через робочі зазори ножового диска. Такі відходи мають органічну природу і є біологічно розкладними. Згідно з класифікацією, вони належать до харчових відходів незначної небезпеки (4 клас) і можуть використовуватися як сировина для виробництва кормів, компосту або перероблятися у біогаз.

Рекомендованим шляхом утилізації залишків томатної сировини є централізований збір у спеціальні герметичні ємності з подальшим передаванням їх на підприємства з біоутилізації або фермерські господарства. Забороняється викидання відходів у каналізацію або залишення їх без герметизації, що може спричинити вторинне забруднення повітря та ґрунтів, залучення комах, гризунів та розвиток патогенних мікроорганізмів.

Водоспоживання та стічні води

Значною частиною екологічного навантаження на харчові підприємства є обсяг води, що використовується для промивання обладнання. У традиційних схемах очищення дробарок велика кількість води витрачається на ручне миття із шланга,

що призводить до надмірних стоків, які містять органічні залишки, жири, а в разі використання миючих засобів — ще й хімічні речовини.

У модернізованій конструкції реалізовано закриту СІР-систему мийки, що дозволяє суттєво знизити водоспоживання — до 70% порівняно з ручною мийкою. Також це зменшує кількість забруднених стоків, оскільки рідина циркулює в системі і лише періодично оновлюється. Для зменшення впливу мийних розчинів на довкілля рекомендовано використовувати екологічно безпечні засоби на основі органічних кислот (лимонна, молочна) або біорозкладні лужні концентрати, які дозволені до використання у харчовій промисловості згідно з санітарними нормами МОЗ.

Всі стоки після СІР-мийки повинні направлятися в локальну очисну систему підприємства або попередньо нейтралізуватися перед зливом у каналізацію. Це дозволяє уникнути перевищення гранично допустимих концентрацій (ГДК) органіки, фосфатів та ПАВ у стічних водах.

Шум, вібрація та енергоспоживання

Хоча дробарка належить до малопотужного обладнання, при її роботі утворюється локальний шум та вібрація, які можуть передаватися на будівельні конструкції й через повітряне середовище. У разі масової експлуатації подібних машин, накопичувальний шумовий фон може перевищувати нормативи. У конструкції модернізованого обладнання передбачено низку рішень, спрямованих на зменшення шуму та вібраційного навантаження: балансування ротора, амортизувальні опори, кожухи.

Щодо енергоспоживання, двигун дробарки має помірну потужність (до 3 кВт), однак за рахунок застосування СІР-системи суттєво знижується витрата електроенергії на санітарну обробку, яка раніше включала нагрів води, насосне обладнання та ручну працю. Цикл мийки стає коротшим, а об'єм рідини — меншим, що позитивно позначається на енергоефективності.

Нормативно-правова відповідність

Усі заходи з охорони довкілля при експлуатації модернізованої дробарки

повинні відповідати діючим екологічним нормам, зокрема:

Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища»;

Закону України «Про відходи»;

Водному кодексу України;

ДБН В.2.5-75:2013 «Каналізація. Наружные сети и сооружения»;

Санітарним нормам ДСП 201-97, ДСанПіН 2.2.4-171-10.

Підприємство зобов'язане здійснювати облік та контроль за відходами, стоками, використанням мийних засобів, а також періодично оновлювати екологічну документацію (декларації, ліміти, звіти за формою №1-ВТ).

Модернізація дробарки шляхом впровадження СІР-системи не лише підвищує ефективність виробництва, але й дозволяє зменшити навантаження на довкілля. Зниження обсягів споживаної води, оптимізація мийних циклів, зменшення кількості стоків та органічних залишків у поєднанні з правильною утилізацією відходів дають змогу дотримуватись сучасних екологічних стандартів без необхідності значного розширення очисних потужностей підприємства. У результаті модернізація сприяє формуванню більш сталого та екологічно відповідального харчового виробництва.

Висновки

У процесі виконання дипломного проєкту на тему «Модернізація малогабаритної дробарки томатів продуктивністю 5 тонн на годину» було здійснено комплексне технічне, технологічне та економічне обґрунтування доцільності оновлення конструкції обладнання з урахуванням сучасних вимог до безпечності, ефективності та екологічності виробництва.

На підставі проведеного аналітичного огляду існуючих технічних рішень встановлено, що більшість подрібнювальних машин працюють у ручному або напівавтоматичному режимі, мають обмежену гігієнічність робочої камери, вимагають значних витрат води для санітарної обробки та не забезпечують стабільну якість продукту за тривалої експлуатації. Це знижує ефективність виробництва та збільшує витрати на технічне обслуговування.

Основною ідеєю модернізації стало впровадження інтегрованої СІР-системи (Clean-in-Place), яка дозволяє виконувати автоматизовану мийку внутрішніх поверхонь дробарки без демонтажу вузлів. Це рішення не лише підвищує гігієнічність процесу, але й значно зменшує обсяги водоспоживання, час простою обладнання між партіями та залежність якості миття від людського фактора. З технічної точки зору конструкція була доповнена спеціальними форсунками, каналами для рециркуляції мийного розчину, дренажним вузлом та ізоляційним кожухом.

У межах техніко-економічного обґрунтування доведено, що впровадження СІР-мийки забезпечує скорочення експлуатаційних витрат у середньому на 18–22% завдяки зниженню споживання ресурсів (води, електроенергії, реагентів), а також зменшенню трудомісткості обслуговування.

Характеристика вихідної сировини – томатів – дозволила визначити вимоги до ріжучого механізму, температурного режиму та умов гігієни. Було враховано специфіку переробки свіжих томатів без попередньої термообробки, що вимагає дбайливого механічного впливу та точного розрахунку геометрії ножів і зазорів.

У рамках конструктивного розділу описано оновлену будову дробарки, що

блок-систему СІР-миття. Подано опис принципу дії модернізованого обладнання в усіх технологічних режимах.

Проведено підбір конструкційних матеріалів відповідно до вимог харчового виробництва, корозійної стійкості, механічної міцності та теплової інерційності. Визначено матеріали для ножового диска, корпусу, ущільнень та деталей СІР-вузла.

У розрахунковій частині наведено результати гідравлічного розрахунку СІР-системи, розрахунок ефективності очищення, теплового навантаження, а також динамічне балансування ротора для зменшення вібраційного навантаження. Це дозволяє забезпечити стабільну роботу дробарки навіть при частоті обертання понад 2800 об/хв.

Розглянуто технологію виготовлення окремих деталей з урахуванням сучасних методів механічної обробки, економічної доцільності та технологічності конструкції.

Визначено правила монтажу, експлуатації та технічного обслуговування обладнання. Зокрема, запропоновано алгоритм запуску, порядок проведення санітарної обробки та безпечного демонтажу елементів дробарки.

Система управління обладнанням описана як дворівнева: ручна схема з пусковими елементами та автоматизована система управління СІР-мийкою на основі ПЛК з можливістю вибору режимів мийки, контролем температури та індикацією помилок.

У розділі охорони праці розглянуто всі потенційні шкідливі та небезпечні виробничі фактори, розроблено заходи їх усунення, впроваджено інструктажі та систему контролю шуму, вібрацій та температури. Окремо опрацьовано питання пожежної безпеки, гігієни та відповідності обладнання чинним санітарним і технічним нормам.

В охороні довкілля акцент зроблено на утилізації харчових відходів (шкірка, насіння, залишки м'якоті), раціональному використанні води та енергії, а також мінімізації впливу мийних засобів на навколишнє середовище.

Загалом, модернізація дробарки дозволила:

- підвищити санітарну безпеку обладнання;
- зменшити витрати води і часу на промивання;
- скоротити кількість ручних операцій;
- знизити енерго- та ресурсоспоживання;
- забезпечити відповідність сучасним стандартам харчової галузі.

Результати проекту можуть бути впроваджені на малих і середніх переробних підприємствах, у консервному виробництві та в умовах автоматизованих технологічних ліній.

Список використаних літературних джерел

1. Бойко Л. О. Сучасні тенденції розвитку овочевої галузі в умовах євроінтеграції України / Л. О. Бойко // Агросвіт. – 2020. – № 6. – С. 69–76.
2. Біохімія плодів та овочів / Л. Ф. Скалецька, Г. І. Подпрятков. – К. : НАУ, 1999. – 159 с.
3. Гніцевич В. А., Никифоров Р. П., Слащева А. В. Харчові технології. Технологія продуктів рослинного походження: навч. посіб. – Кривий Ріг : ДонНУЕТ, 2021. – 267 с.
4. Гончаренко Г. М. \[Повні бібліографічні дані не вказані — потребують уточнення].
5. Домарецький В. А., Остапчук М. В., Українець А. І. Технологія харчових продуктів: підручник / за ред. А. І. Українця. – К. : НУХТ, 2013. – 572 с.
6. Загальна технологія харчових виробництв: навч. посібник / А. А. Дубініна, Ю. М. Хацкевич, Т. М. Попова, С. О. Ленерт. – Х. : ХДУХТ, 2016. – 497 с.
7. Зберігання та переробка сільськогосподарської продукції: підручник / О. В. Богомолів, Н. В. Верешко, О. М. Сафонова та ін. ; за ред. О. І. Шаповаленка, О. М. Сафоновой. – Харків : Еспада, 2018. – 542 с.
8. Колтунов В. А. Якість плодовоовочевої продукції та технологія її зберігання: у 2 ч. : монографія. – К. : Київ. нац. торг. екон. ун-т, 2004. – 249 с.
9. Методи контролю якості харчової продукції: навч. посіб. для ВНЗ / О. І. Черевко, Л. М. Крайнюк, Л. О. Касілова, Л. Р. Димитрієвич та ін. ; за заг. ред. Л. М. Крайнюк. – 2012. – 512 с.
10. Найченко В. М., Осадчий О. С. Технологія зберігання і переробки плодів та овочів з основами товарознавства. – К. : Школяр, 2019. – 328 с.
11. Найченко В. М., Заморська І. Л. Практикум з технології зберігання і переробки плодів та овочів з основами товарознавства: для студ. вищ. навч. закл. – Умань, 2010. – 211 с.
12. Найченко В. М., Осадчий О. С. Технологія зберігання і переробки плодів та овочів з основами товарознавства: підруч. для студ. вищ. навч. закл. – К. : Школяр,

2007. – 502 с.

13. Основи харчових технологій: навч. посіб. / Р. Ю. Павлюк, В. В. Погарська, Т. С. Маціпура, Н. В. Коробець, С. С. Стоєв. – Харків : Факт, 2016. – Ч. 1. – 152 с.

14. Осокіна Н. М., Гайдай Г. С. Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва: підручник. – Умань, 2005. – 614 с.

15. Осокіна Н. М., Гайдай Г. С. Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва: підручник. – Умань, 2005. – 614 с. \[дубль – можна видалити одну позицію]

16. Подпряттов Г. І. Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва. – К. : Вища освіта, 2018. – 272 с.

17. Подпряттов Г. І., Скалецька Л. Ф., Сеньков А. М., Хилевич В. С. Зберігання і переробка продукції рослинництва: навч. посіб. – К. : Мета, 2002. – 495 с.

18. Подпряттов Г. І., Скалецька Л. Ф., Духовська Т. М., Сеньков А. М. Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва: практикум. – К. : Вища освіта, 2004. Ось продовження впорядкованого й правильно оформленого списку літератури (від позиції 19 до 44):

19. Пузік Л. М., Гордієнко І. М. Технологія зберігання плодів, овочів та винограду: навч. посіб. – Харків : Майдан, 2011. – 336 с.

20. Ростовський В. С., Колісник А. В. Система технологій харчових виробництв: навч. посіб. – К. : Кондор, 2018. – 256 с.

21. Скалецька Л. Ф. Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва: практикум. – К. : Вища школа, 2016. – 301 с.

22. Скалецька Л. Ф., Подпряттов Г. І. Біохімічні зміни продукції рослинництва при її зберіганні та переробці: навч. посіб. – К. : Видавничий центр НАУ, 2008. – 287 с.

23. Скалецька Л. Ф., Подпряттов Г. І., Сеньков А. М., Хилевич В. С. Зберігання і переробка продукції рослинництва. – К. : Мета, 2002. – 342 с.

24. Скалецька Л. Ф., Подпряттов Г. І., Завадська О. В. Основи наукових досліджень зі зберігання та переробки продукції рослинництва: навч. посіб. – К. : Видавничий центр НАУ, 2006. – 204 с.

25. Скрипников Ю. Г. Технологія переробки плодів та ягід: підручник / пер. з рос. В. К. Сидоренка. – К. : Урожай, 1991. – 268 с.
26. Технологія екстрактів, концентратів і напоїв із рослинної сировини: підручник / В. А. Домарецький, В. Л. Прибильський, М. Г. Михайлов ; за ред. В. А. Домарецького. – Вінниця : Нова книга, 2015. – 408 с.
27. Технологія консервування плодів, овочів і риби: підручник / Б. Л. Флауменбаум, Є. Г. Кротов, О. Ф. Загібалов та ін. ; за ред. Б. Л. Флауменбаума. – К. : Вища школа, 2017. – 301 с.
28. Технологія продукції харчових виробництв: навч. посіб. / Ф. В. Перцевий, Н. В. Камсуліна, М. Б. Колеснікова, М. О. Янчева, П. В. Гурський, Л. М. Тіщенко. – Харків : ХДУХТ, 2016. – 318 с.
29. Фізико-хімічні і біологічні основи консервного виробництва / Б. Л. Флауменбаум, А. Т. Безусов, В. М. Сторожук, Г. П. Хомич. – Одеса, 2016. – 400 с.
30. Харчові технології у прикладах і задачах: підручник / Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, С. І. Бухкало, П. О. Капустенко, О. П. Арсеньєва, Є. І. Орлова. – К. : Центр учбової літератури, 2018. – 576 с.
31. Харчові технології. Практичний курс: навч. посіб. / Ф. В. Перцевой, Н. В. Камсуліна, О. Б. Дроменко та ін. – Х. : ХДУХТ, 2018. – 164 с.
32. Barrett D. M. Future innovations in tomato processing / D. M. Barrett // *Actae Horticulturae*. – 2015. – № 1081. – P. 49–55.
33. Barrett D. M., Anthon G. E. Color quality of tomato products / D. M. Barrett, G. E. Anthon // *Color quality of fresh and processed foods*. – ACS Symposium Series, 2008. – P. 131–139.