

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

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

**Кафедра Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій
проективання**

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)
_____ **Сергій БЛАЖЕНКО**
(підпис) (ім'я та прізвище)

«___» _____ 20__ р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ **Микола ЯКИМЧУК**
(підпис) (ім'я та прізвище)

«___» _____ 20__ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

зі спеціальності _____ 133 «Галузеве машинобудування» _____
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Обладнання переробних і харчових виробництв
на тему Модернізація конструкції сировиготовлювача марки ТІ-6,3

Виконав: здобувач IV курсу, групи ОХ-4-2
Жаренко Роман Романович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник **Бабко Євген Миколайович**
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Консультанти _____
(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 – 2025 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

Кафедра Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва)

Освітня програма «Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТОКТП

проф. Микола ЯКИМЧУК

(власне ім'я і ПРІЗВИЩЕ)

«___» _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Жаренко Роман Романович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Модернізація конструкції сировиготовлювача марки ТІ-6,3

керівник роботи Бабко Євген Миколайович, доц., канд. тех. наук

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

затвержені наказом закладу вищої освіти від _____

2. Строк подання здобувачем роботи _____

3. Вихідні дані до роботи 1. Технічний паспорт обладнання.

2. Альбом галузевого обладнання. 3. Навчальна та спеціальна література

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): анотація, зміст; перелік умовних позначень, термінів; вступ; порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі; техніко-економічне, соціальне 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; система управління; заходи щодо охорони праці, екології; висновки; список використаних літературних джерел, специфікація.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Загальний вигляд обладнання – 2 аркуші; Складальні одиниці обладнання – 2 аркуші; Технологія машинобудування – 1 аркуш.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультантів	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Технологія машинобудування			

7. Дата видачі завдання: _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Анотація, зміст; перелік умовних позначень, термінів</i>		
2	<i>Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі</i>		
3	<i>Техніко-економічне, соціальне обґрунтування.</i>		
4	<i>Характеристика вихідної сировини і готового продукту</i>		
5	<i>Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи.</i>		
6	<i>Вибір конструкційних матеріалів</i>		
7	<i>Розрахункова частина</i>		
8	<i>Технологічний маршрут виготовлення деталі</i>		
9	<i>Вимоги щодо монтажу, експлуатації та ремонту.</i>		
10	<i>Опис системи управління</i>		
11	<i>Заходи щодо охорони праці, екології</i>		
12	<i>Висновки,</i>		
13	<i>Графічна частина: 5 аркушів формату А3</i>		
14	<i>Список використаних літературних джерел</i>		
	<i>Подача ДП на кафедрі</i>		

Здобувач

(підпис)

Роман ЖАРЕНКО

(власне ім'я і ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

(підпис)

Євген БАБКО

(власне ім'я і ПРІЗВИЩЕ)

Анотація

У цьому дипломному проєкті розглядається модернізація конструкції сировиготовлювача марки ТІ-6,3, який застосовується для виробництва кисломолочного сиру на підприємствах молочної промисловості. Актуальність теми зумовлена необхідністю вдосконалення технологічного обладнання з метою зниження втрат сировини, покращення енергоефективності, підвищення рівня автоматизації виробництва та дотримання сучасних санітарно-гігієнічних норм.

У межах проєкту проаналізовано технічний стан базової конструкції сировиготовлювача, а також виконано огляд сучасного обладнання аналогічного призначення. В результаті проведеного дослідження було запропоновано комплексну модернізацію, яка передбачає заміну стандартного електроприводу на частотно-регульований, що забезпечує плавний запуск і контроль швидкості обертання вала з лопатями. Також у конструкцію інтегровано СІР-систему автоматичного миття, яка дозволяє здійснювати повну санітарну обробку внутрішніх поверхонь апарата без його розбирання. Значну увагу приділено вдосконаленню системи фільтрації для ефективнішого розділення згустку та сироватки, що зменшує втрати білкових і жирових речовин. Крім цього, розроблено автоматизований блок зливу сироватки, в якому передбачено використання датчиків рівня та електроклапанів. Для контролю маси продукту та сировини в реальному часі під опори апарата встановлено тензодатчики, які взаємодіють із системою керування.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Бабко Є.М.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Жаренко Р.Р.	<i>Назва, додаткова назва</i> Анотація	210631.ДП.08.000.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/107

Дипломна робота включає опис конструктивних змін, їх обґрунтування, технічні розрахунки, добір матеріалів і розробку елементів системи управління. Усі запропоновані рішення мають практичне значення і можуть бути впроваджені на підприємствах малого та середнього масштабу, що займаються переробкою молока.

Ключові слова: творог, сировиготовлювач, модернізація, ріжучо-вимишувальний механізм, СІР-мийка, автоматизація, молочна промисловість.

Abstract

This diploma thesis presents a technical upgrade of the TI-6.3 curd processing unit, commonly used in the dairy industry for the production of cottage cheese. The project addresses the growing need to modernize food processing equipment in order to reduce material losses, improve energy efficiency, ensure sanitary compliance, and increase the level of automation.

The analysis focuses on the limitations of the existing model and evaluates currently available industry alternatives. The proposed modernization involves the integration of a frequency-controlled drive, which allows for soft start and precise adjustment of shaft speed. A Clean-in-Place (CIP) system is incorporated into the apparatus to enable internal cleaning without disassembly, significantly improving hygiene and reducing downtime. The curd-whey separation process has been optimized through improvements in the filtration system, enhancing yield and minimizing nutrient loss. An automated whey discharge system is implemented, using level sensors and solenoid valves for controlled drainage. Additionally, load cells have been installed beneath the frame to monitor the weight of raw materials and the final product during the production cycle.

The thesis includes detailed structural redesign, justification of proposed changes, strength and performance calculations, material selection, and the development of control system components. The upgraded equipment is intended for small and medium-sized dairy operations and provides tangible benefits in terms of efficiency, hygiene, and automation.

Keywords: curd, processing equipment, modernization, mixing mechanism, CIP washing, automation, dairy industry.

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

Сучасна харчова промисловість, зокрема молочна галузь, потребує безперервного вдосконалення технологічного обладнання для забезпечення стабільної якості продукції, енергоефективності та високої продуктивності. Одним з основних напрямів розвитку молокопереробної промисловості є автоматизація та модернізація обладнання, яке використовується на всіх етапах виробництва, включаючи виготовлення кисломолочних продуктів, зокрема творогу.

Виробництво кисломолочного сиру (творогу) — це складний біохімічний і механічний процес, що потребує точного дотримання температурних режимів, кислотності, часу сквашування, а також ефективного перемішування та видалення сироватки. Одним з основних апаратів, що використовується для цього, є сировиготовлювач. Від його конструкції, надійності та технологічної гнучкості значною мірою залежить якість готового продукту, стабільність виробничого процесу та витрати на обслуговування.

Актуальність обраної теми дипломного проєкту обумовлена необхідністю вдосконалення типового сировиготовлювача марки ТІ-6,3 з метою підвищення його ефективності, зручності в експлуатації, надійності та відповідності сучасним вимогам до гігієни, автоматизації та енергоощадності. Модернізація цього апарата дозволяє зменшити втрати сировини, покращити умови праці персоналу та підвищити якість кисломолочного продукту.

Метою кваліфікаційного проєкту є технічне удосконалення конструкції сировиготовлювача ТІ-6,3 шляхом впровадження змін у його ключові вузли, а також розробка пропозицій щодо автоматизації процесів керування та санітарної обробки. У рамках проєкту виконано аналіз існуючих аналогів, розроблено технічне рішення з модернізації, проведено необхідні розрахунки, а також оцінено вплив модернізованої конструкції на економічні та санітарно-гігієнічні показники виробництва.

Кваліфікаційна робота має прикладний характер і може бути використана в практиці експлуатації або реконструкції молокопереробних підприємств малого та середнього масштабу.

1. Аналіз існуючого обладнання аналогічного призначення

Аналіз сучасних методів виготовлення кисломолочного сиру

На сьогодні у молочній промисловості застосовують кілька технологій виготовлення сиру кисломолочного. Кожна з них має свої особливості, які відрізняються за часом виробництва, витратами ресурсів та якістю кінцевого продукту. Серед основних методів найбільш поширеним є кислотно-сичужний спосіб коагуляції молока, який поєднує дію молочнокислих бактерій та ферментів.

Кисотно-сичужна технологія виробництва сиру кисломолочного

Для виробництва кисломолочного сиру необхідно використовувати свіже та якісне молоко без сторонніх запахів і дефектів. На початку технологічного процесу його нормалізують за вмістом жиру, після чого очищають від механічних домішок. Далі молоко надходить до пастеризації, що проводиться у пластинчатих теплообмінниках, де продукт нагрівають до відповідної температури, аби знищити мікрофлору.

Після пастеризації молоко охолоджується до температури внесення закваски. Для цього його спрямовують у спеціальні ванни, які встановлюють на підвищенні для зручного зливу продукту. Закваска готується з чистих культур мезофільного молочнокислого стрептокока. Спочатку її вносять у молоко та ретельно перемішують, а через певний час додають сичужний фермент. Перед цим іноді додають розчин хлористого кальцію, який сприяє утворенню щільного згустку після пастеризації.

Заквашене молоко витримується до досягнення кислотності 32–35°Т. Далі додається сичужний фермент, після чого суміш більше не перемішується, а залишається в стані спокою для утворення сирного згустку. Тривалість процесу сквашування залежить від температури, якості молока та типу закваски і зазвичай триває 6–8 годин, у прискореному варіанті — 4–4,5 год.

Після утворення згустку необхідно видалити з нього сироватку. Разом з нею втрачається частина розчинних компонентів — лактоза, мінеральні солі, сироваткові білки та інші речовини. Для прискорення відділення сироватки згусток нарізають на кубики, що збільшує його поверхню і сприяє швидшому виділенню рідини. Протягом короткого часу ці кубики ущільнюються, підвищується їх кислотність, і відбувається активне стікання сироватки.

Сироватку зливають через штуцери або відкачують сифоном. Напівготовий сирний згусток розміщують у міцні мішки і спрямовують на самопресування. Під час цієї операції сироватка витікає під власною вагою продукту. Далі мішки укладають у кілька рядів у спеціальні прес-тележки, де сир додатково пресується під тиском. Щоб рівномірно видалити залишки сироватки, мішки періодично струшують і перекладають. З метою запобігання надмірному накопиченню кислотності, етап пресування проводять у спеціальних холодильних приміщеннях при температурі не вище 8 °С.

Остаточну готовність продукту визначають за залишковим вмістом вологи. Процес повного видалення сироватки зазвичай триває не менше 3 годин. Після завершення пресування творог охолоджують до 6–8 °С, щоб зупинити подальше підкислення. У великих молокопереробних підприємствах для цього використовують спеціальні охолоджувачі — ротаційні барабани, апарати Локтюхова або двоциліндрові охолоджувачі типу ОТД. У невеликих господарствах творог охолоджують безпосередньо в тих самих мішках, розміщуючи їх у холодильних камерах.

На останньому етапі готовий продукт фасується в тару — як у великі блоки для подальшої промислової переробки, так і в дрібну споживчу упаковку для реалізації.

Кислотно-сичужний метод виробництва сиру кисломолочного є надійним, однак має низку суттєвих недоліків. Процес доволі тривалий (займає понад 11 годин), потребує значної кількості ручної праці, що впливає

на продуктивність та собівартість. Крім того, під час відділення сироватки втрачається частина цінного жиру, що негативно позначається на виході готової продукції. З огляду на ці чинники, є доцільним впроваджувати автоматизовані технології та механізми, які скорочують тривалість процесу й підвищують ефективність виробництва.

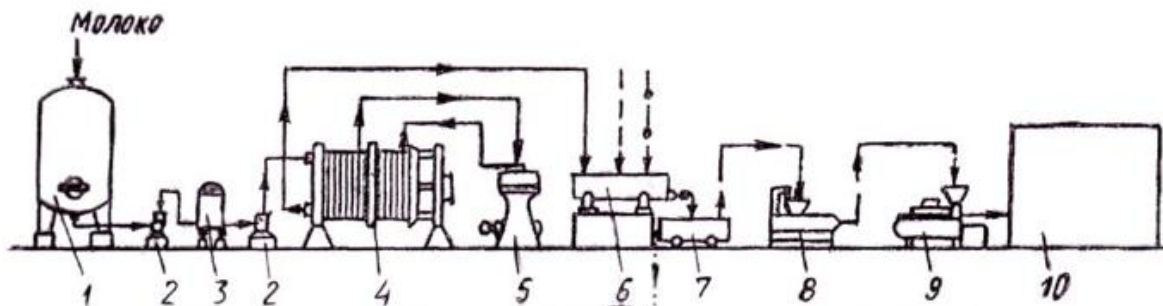


Рис.1.1. Схема виробництва сиру кислотно-сичужним способом
 1 - резервуар для нормалізованого молока; 2 - насос; 3 - проміжний бак; 4 - пластинчастий пастеризаційний апарат; 5 - сепаратор-молокоочисник; 6 - ванна для сирного згустку; 7 - прес-візок; 8-охолоджувач для сиру; 9 - розфасовочно-пакувальний автомат; 10 - камера зберігання.

Виробництво знежиреного сиру кислотномолочного кислотним методом

Знежирений творог зазвичай виготовляють за класичною кислотною технологією. Цей метод отримав широке застосування як на великих молочних заводах, так і на невеликих локальних виробництвах. Обладнання для такого процесу використовується те саме, що й для виробництва жирного сиру кислотномолочного кислотно-сичужним способом, що робить технологію зручною та економічно доцільною.

У якості сировини застосовують свіжу знежирену молочну продукцію, яка повинна бути доброякісною та мати титровану кислотність не більше ніж 21°Т. Насамперед молоко проходить обов'язкову пастеризацію — нагрівання до температури, що знищує мікроорганізми, після чого охолоджується до температури заквашування.

Під час підготовки до ферментації у молоко додають закваску з мезофільними молочнокислими бактеріями. Суміш інтенсивно перемішують для рівномірного розподілу бактерій, а потім залишають у стані спокою, щоб сформувався згусток. Зазвичай це відбувається протягом кількох годин за стабільних температурних умов.

Після утворення сирного згустку починається етап його підготовки до видалення сироватки. Щоб прискорити цей процес, згусток подрібнюють у двох напрямках — горизонтальному та вертикальному — за допомогою спеціальних ножів. Отримані кубики мають розмір приблизно 20 мм і залишаються у ванні без перемішування ще на 10–15 хвилин для початкового відділення сироватки.

Для посилення синерезису, тобто природного зменшення згустку з вивільненням рідини, його піддають термічній обробці. Температура нагрівання становить 36–38 °С. У ваннах із подвійними стінками це досягається подачею гарячої води в міжстінний простір. Якщо використовується ванна з одинарними стінками, тоді додається гаряча сироватка (60–65 °С) або кип'ячена вода.

Додавання нагрітої рідини здійснюється повільно, з обережним перемішуванням, щоб уникнути локального перегріву, який може викликати небажану сухість і жорсткість сирної маси. Водночас, недостатній підігрів згустку призводить до уповільнення виділення сироватки та підвищення кислотності продукту, що погіршує його смакові якості.

Після досягнення бажаної температури нагрів припиняється. Згусток ще раз витримується у спокої близько 10–15 хвилин, що дає можливість залишковій сироватці вийти назовні. Потім відокремлену рідину частково зливають, а сам згусток розливають у міцні тканинні мішки для подальшого самопресування.

На момент розливу кислотність згустку повинна становити приблизно 80–85°Т — саме такий показник забезпечує оптимальну консистенцію кінцевого продукту та запобігає надмірному накопиченню кислоти під час подальшого зберігання.

Ця технологія є ефективною для виготовлення легкого, дієтичного сиру кисломолочного, який користується стабільним попитом у споживачів. Завдяки простоті реалізації та адаптивності до різного обладнання, вона зручна для невеликих виробництв. Проте, важливим залишається суворе дотримання температурного режиму та контроль кислотності, оскільки саме ці параметри значно впливають на якість кінцевого продукту.

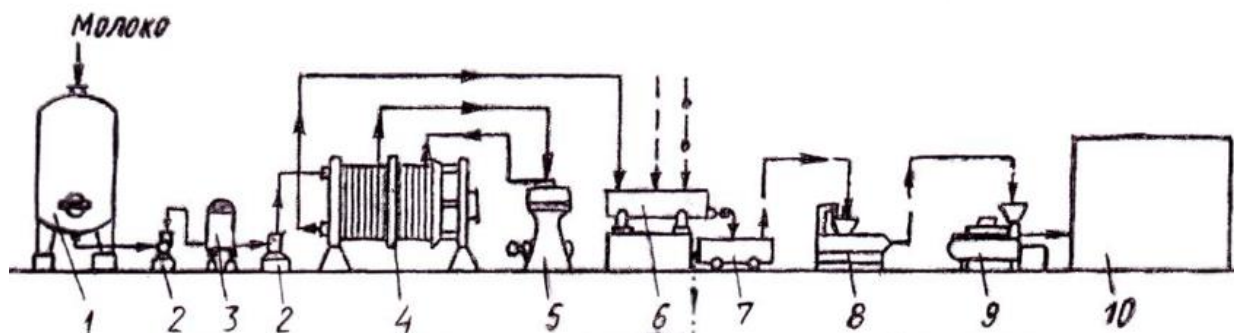


Рис. 1.2. Схема виробництва сиру кислотним способом

1 - резервуар для нормалізованого молока; 2 - насос; 3 - проміжний бак; 4 - пластинчастий пастеризаційний апарат; 5 - сепаратор-молокоочисник; 6 - ванна для сирного згустку; 7 - прес-візок; 8-охолоджувач для сиру; 9 - розфасовочно-пакувальний автомат; 10 - камера зберігання.

Роздільна технологія виробництва кисломолочного сиру

Один із сучасних способів виготовлення жирного сиру кисломолочного — роздільна технологія, що дозволяє зменшити втрати жиру та значно прискорити процес відділення сироватки. Основна ідея полягає у попередньому поділі молока на компоненти — знежирену фракцію та вершки — з подальшим поетапним об'єднанням цих складових після формування згустку.

Процес починається з сепарування свіжого молока: знежирене молоко направляють на виробництво нежирного сиру кисломолочного, який виготовляється за кислотно-сичужною технологією. Після завершення стадії ферментації та утворення згустку сироватка відділяється значно швидше, ніж при роботі з незнежиреним молоком, оскільки жир не впливає на структуру білка. Така властивість дозволяє зменшити тривалість пресування та покращити вихід продукту.

Отриманий сирний згусток укладають у тканинні мішки та піддають самопресуванню до досягнення потрібного рівня вологості. Далі його відправляють у вальцову установку, де маса ретельно подрібнюється та набуває однорідної структури. На наступному етапі у змішувач подається охолоджена вершкова фракція у заздалегідь розрахованій кількості. Сир і вершки перемішуються до повного з'єднання, після чого отриманий жирний або напівжирний творог прямує на фасування.

Для реалізації цієї технології не обов'язково мати спеціалізоване обладнання — процес може здійснюватися на традиційних виробничих лініях, таких як ванни для сквашування та формування згустку, тележки для пресування тощо. Проте у базовій комплектації більшість операцій виконуються вручну, що уповільнює виробництво та знижує його безперервність.

Серед обмежень — складність поводження з мішками, необхідність постійного контролю вологості та ручне завантаження сировини в змішувачі. Ці недоліки частково усуваються шляхом використання автоматизованих сепараторів та мішалок, що дозволяють підвищити потужність та зменшити залежність від ручної праці.

Попри деяке ускладнення технології через додаткові операції (сепарація, змішування), роздільний метод має низку важливих переваг. Найголовніша з них — це економія жиру, адже він вноситься в уже знежирену основу у

вигляді вершків, що забезпечує чіткий контроль за вмістом жиру в готовому продукті без перевитрати сировини.

На великих молочних підприємствах роздільний метод впроваджується на автоматизованих лініях з продуктивністю 500–600 кг сиру кисломолочного на годину. Такі комплекси призначені для заводів, які переробляють не менше 30 тонн молока за одну зміну. У складі лінії є автомат фасування, що дозволяє швидко пакувати готову продукцію у споживчу тару.

Основною перевагою цієї лінії є повна механізація технологічного процесу, який здійснюється безперервно і в закритому потоці. В результаті виключені всі ручні операції з вироблення твору (за винятком миття обладнання). Найбільш трудомісткий процес - відділення сироватки зі згустку - відбувається безперервно за допомогою сепаратора. Внаслідок чого покращуються санітарно-гігієнічні умови виробництва, пошлеться продуктивність праці, знижується собівартість та підвищується якість готового продукту.

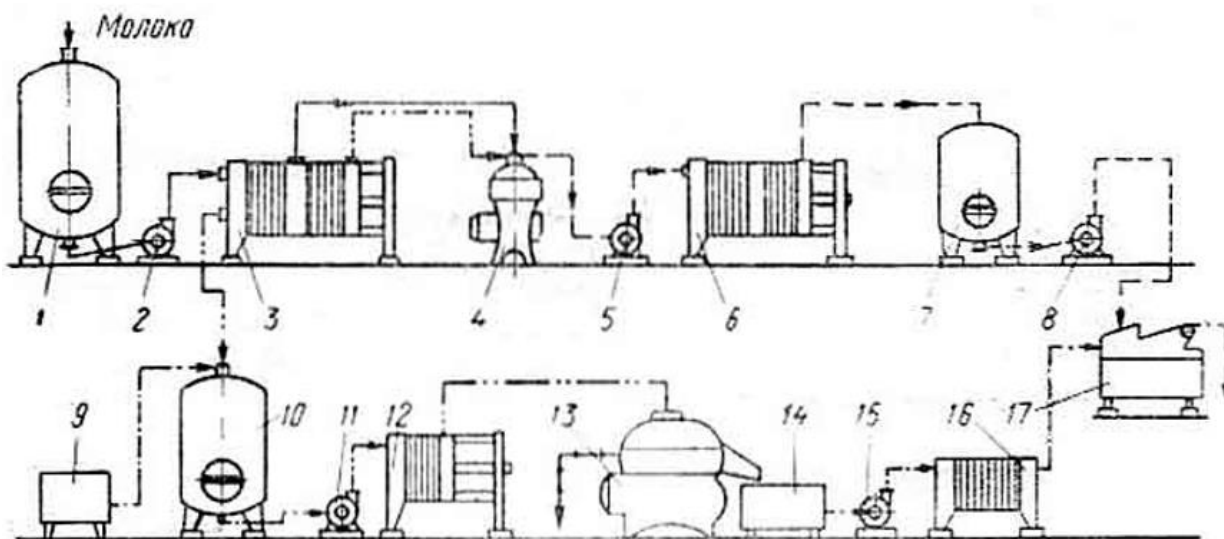


Рис. 1.3. Схема виробництва сиру окремим способом.

1, 7 та 30 - резервуари; 2 - насос для молока; 3 - пластинчаста пастеризаційна установка; 4 - сепаратор-вершковідділювач; 5 - насос для вершків; 6 -

пастеризатор для вершків; 9 - дозуючий насос; 8 - заквасочник; 11 - мембранний насос; 12 - пластинчастий теплообмінник; 13 - сепаратор для сиру; 14 - приймач; 15 - насос для сиру; 16 - охолоджувач; 17 - змішувач.

Сировиготовлювачі «Агро Фрост»

Сировиготовлювачі, представлені компанією «Агро Фрост», є сучасними технологічними рішеннями для виробництва сиру. Вони призначені для виконання ключових етапів сироробного процесу, включаючи пастеризацію, охолодження, сквашування молока, формування сирного згустку та його подальшу обробку.

Конструктивні особливості:

Матеріал виготовлення: Харчова нержавіюча сталь AISI 304, що забезпечує довговічність, стійкість до корозії та відповідність санітарно-гігієнічним нормам.

Об'єм: Від 100 до 1500 літрів, що дозволяє обрати оптимальний варіант залежно від масштабів виробництва.

Теплоізоляція: Наявність теплоізованої сорочки забезпечує ефективне збереження температури та зменшує енергетичні втрати.

Кришка: Двосекційна конструкція кришки полегшує доступ до внутрішньої частини ємності для обслуговування та очищення.

Мішалка та ріжучий механізм: Знімна мішалка та ріжучо-перемішувачий механізм забезпечують рівномірне перемішування та подрібнення сирного згустку до отримання сирного зерна необхідної консистенції.

Система нагріву та охолодження: Використання теплоносія, що циркулює через водяну сорочку, дозволяє здійснювати як нагрівання (за допомогою електронагріву, твердопаливного або газового котла), так і охолодження (з використанням льодогенератора).

Управління: Автоматичний або напівавтоматичний блок керування з програмованим логічним контролером та цифровим дисплеєм дозволяє точно встановлювати параметри процесу, такі як температура, тривалість етапів та швидкість обертання мішалки.



Рис. 1.1. Сировиготовлювач «Агро Фрост»

Переваги

Універсальність: Сировиготовлювачі від «Агро Фрост» дозволяють виконувати повний цикл сироробного процесу, що робить їх придатними для виробництва різних видів сиру.

Гнучкість у виборі джерела тепла: Можливість використання електронагріву, твердопаливного або газового котла дозволяє адаптувати обладнання до наявних ресурсів підприємства.

Енергоефективність: Теплоізоляція та ефективна система нагріву/охолодження сприяють зниженню енергоспоживання.

Автоматизація процесів: Сучасна система керування забезпечує точний контроль параметрів процесу, що підвищує стабільність якості продукції та знижує вплив людського фактора.

Легкість в обслуговуванні: Знімні елементи конструкції полегшують очищення та технічне обслуговування обладнання.

Висока вартість: Ціна сировиготовлювачів від «Агро Фрост» починається від 120 000 грн з ПДВ, що може бути значною інвестицією для малих підприємств.

Необхідність кваліфікованого персоналу: Для ефективної експлуатації та обслуговування обладнання потрібен персонал з відповідною кваліфікацією, що може вимагати додаткових витрат на навчання.

Залежність від джерела тепла: Ефективність роботи сировиготовлювача залежить від стабільності та доступності джерела тепла, що може бути проблемою в регіонах з нестабільним енергопостачанням.

Сировиготовлювачі від компанії «Агро Фрост» є сучасним та ефективним обладнанням для виробництва сиру. Їх конструкція та функціональні можливості дозволяють забезпечити високу якість продукції та оптимізувати технологічні процеси.

Однак при виборі сировиготовлювача слід враховувати специфіку виробництва, обсяги переробки молока та наявні ресурси. Для малих та середніх підприємств це обладнання може стати оптимальним рішенням, тоді як для великих виробництв може виникнути потреба в обладнанні з більшою продуктивністю.

Загалом, інвестиції в сучасні сировиготовлювачі виправдані з точки зору підвищення ефективності виробництва, забезпечення стабільної якості продукції та дотримання санітарно-гігієнічних норм.

Сироутворювач серії ТІ «Адаммаш»

Будова та принцип роботи

Сироутворювач серії ТІ, представлений компанією «Адаммаш», є сучасним обладнанням закритого типу, призначеним для виробництва сиру кисломолочного та сиру з використанням різних методів коагуляції. Обладнання виконане у формі вертикального циліндричного резервуара об'ємом 3,7 м³ та оснащено низкою функціональних елементів для забезпечення повного технологічного циклу виробництва.

Основні конструктивні елементи:

Ріжучо-вимішуючий механізм: Вертикальний пристрій типу «ліра» з приводом потужністю 1,5 кВт, оснащений частотним регулюванням швидкості та реверсом, що забезпечує ефективне перемішування та розрізання сгустку.

Теплообмінна рубашка: Призначена для нагріву (гаряча вода або пар) та охолодження продукту, що дозволяє точно контролювати температурні режими на різних етапах виробництва.

Система управління: Включає датчики температури, максимального та мінімального рівнів наповнення, що забезпечує автоматичний контроль процесу та безпеку експлуатації.

Система санітарної обробки: Дві ротаційні миючі головки дозволяють ефективно проводити СІР-мийку, зменшуючи витрати миючих засобів та забезпечуючи високий рівень гігієни.

Матеріали виготовлення: Усі елементи, що контактують з продуктом, виготовлені з кислотостійкої харчової нержавіючої сталі, що гарантує довговічність та відповідність санітарним нормам.

Принцип роботи:

Процес виробництва продукції в котлах-коагуляторах «Адамас» включає наступні етапи:

Додавання закваски.

Сквашування.

Технологічна обробка сгустку (розрізання, нагрів, відбір сироватки).

Злив сгустку.

Переваги

Універсальність: Можливість використання різних методів коагуляції дозволяє виробляти широкий асортимент продукції, включаючи різні види сиру кисломолочного та сиру.

Ефективність процесів: Наявність теплообмінної рубашки та автоматизованої системи управління забезпечує точний контроль температурних режимів, що сприяє стабільній якості продукції.

Гігієнічність: Система СІР-мийки з ротаційними миючими головками забезпечує високий рівень санітарної обробки обладнання.

Надійність: Використання високоякісних матеріалів та продумана конструкція забезпечують довговічність та безпечну експлуатацію обладнання.

Недоліки

Висока вартість: Інвестиції в подібне обладнання можуть бути значними, що може бути обмеженням для малих підприємств.

Необхідність кваліфікованого персоналу: Для ефективної експлуатації та обслуговування обладнання потрібен персонал з відповідною кваліфікацією.

Залежність від енергоресурсів: Ефективність роботи обладнання залежить від стабільного постачання енергії для нагріву та охолодження.

Сироутворювач серії ТІ від компанії «Адамаш» є сучасним та ефективним рішенням для виробництва сиру кисломолочного та сиру. Його конструктивні особливості та функціональні можливості дозволяють забезпечити високу якість продукції, ефективність виробничих процесів та відповідність санітарно-гігієнічним нормам.

Однак при виборі даного обладнання слід враховувати специфіку виробництва, обсяги переробки сировини та наявні ресурси підприємства.

Для середніх та великих виробництв це обладнання може стати оптимальним рішенням, тоді як для малих підприємств може виникнути потреба в обладнанні з меншою продуктивністю або альтернативних варіантах.

Загалом, інвестиції в сиротворювачі серії ТІ виправдані з точки зору підвищення ефективності виробництва, забезпечення стабільної якості продукції та дотримання санітарно-гігієнічних норм.



Рис. 1.2. Сироутворювач закритого типу Котел коагулятор серії ТІ

2. Техніко – економічне та соціальне обґрунтування

Підвищення ефективності виробництва кисломолочного сиру в умовах сучасного ринку неможливе без впровадження технічних рішень, спрямованих на автоматизацію процесів, зменшення втрат сировини, покращення гігієнічності обладнання та зниження енерговитрат. У зв'язку з цим модернізація обладнання для переробки молока, зокрема сировиготовлювачів типу ТІ-6,3, має не лише технологічну, але й вагому економічну та соціальну доцільність.

Аналіз базової моделі сировиготовлювача показав низку проблем: ручне миття, фіксована швидкість перемішування, неефективний контроль процесів зливу та відсутність точного визначення кількості готового продукту. Ці фактори знижують загальну продуктивність лінії, спричиняють перевитрату енергоресурсів і потребують постійної участі персоналу.

У запропонованій модернізації реалізовано низку вдосконалень, серед яких:

- впровадження частотно-регульованого електроприводу, що дозволяє адаптувати режим перемішування до конкретного етапу технологічного процесу;
- автоматизована система СІР-миття, яка зменшує простої обладнання та витрати води;
- вдосконалення вузла зливу сироватки;
- впровадження тензометричного контролю маси продукту;
- оновлення фільтраційної системи, що покращує відокремлення сироватки.

З економічної точки зору, впровадження цих рішень дозволяє скоротити втрати сировини до 5–7%, підвищити вихід товарного сиру на 3–4%, зменшити час на санітарну обробку обладнання майже вдвічі та знизити енергоспоживання в середньому на 10–12% за рахунок раціоналізації роботи приводу.

Оцінка витрат на модернізацію (за середніми ринковими цінами) свідчить, що термін окупності оновленого обладнання становить близько 1,2–1,5 року, що відповідає сучасним критеріям ефективності інвестицій у харчову промисловість. Оскільки модернізація передбачає переобладнання існуючої моделі без повної її заміни, капітальні витрати залишаються помірними.

З соціального погляду, проєкт також має позитивне значення. Автоматизація рутинних операцій дозволяє зменшити фізичне навантаження на персонал, знизити ризики контакту з агресивними мийними розчинами, а також підвищити загальну безпечність та стабільність умов праці. Крім того, поліпшення якості готової продукції підвищує конкурентоспроможність підприємства, забезпечуючи збереження робочих місць і стабільність доходів працівників.

Таким чином, запропоновані заходи модернізації є технічно обґрунтованими, економічно доцільними та соціально виправданими, що дозволяє рекомендувати їх для впровадження на малих і середніх молокопереробних підприємствах.

3. Характеристика вихідної сировини і готового продукту

Загальна характеристика молока як сировини

Основною сировиною для виробництва кисломолочного сиру (творогу) є коров'яче молоко. Його фізико-хімічні, мікробіологічні та органолептичні властивості мають вирішальне значення для стабільності технологічного процесу та якості готового продукту. У промислових умовах використовують молоко, яке пройшло санітарно-ветеринарний контроль і відповідає вимогам ДСТУ 3662:2018 «Молоко коров'яче незбиране. Вимоги при закупівлі».

Молоко має бути охолодженим до температури не вище 4 °С, очищеним від механічних домішок і стабільним за кислотністю (16–18 °Т). Допускається використання як нормалізованого, так і знежиреного молока, залежно від рецептури. Для виготовлення класичного напівжирного творогу зазвичай застосовується молоко з масовою часткою жиру від 2,5 до 3,2 %.

Основні фізико-хімічні показники молока для переробки:

- масова частка сухих речовин – не менше 11,5 %;
- кислотність – не вище 20 °Т;
- кількість соматичних клітин – до 500 тис./см³;
- мікробне число – не більше 3×10^5 КУО/см³;
- температура зберігання – від 0 до +4 °С;
- відсутність залишків антибіотиків та інгібіторів.

Якість сировини напряму впливає на здатність до зсідання, формування згустку, вміст білка в готовому продукті та вихід сиру з одиниці молока. Особливо важливим є показник білка (не менше 3,0 %), з якого утворюється згусток після дії заквасок і сичужного ферменту.

Технологічна підготовка молока

Після приймання та очищення молоко піддається сепаруванню, нормалізації та пастеризації. Сепарація дозволяє виділити вершки та довести сировину до необхідної жирності. Далі проводиться нормалізація — вирівнювання співвідношення білків і жирів відповідно до заданої рецептури. Після цього молоко пастеризується при температурі 85 °С з витримкою 10–15 секунд, що дозволяє знищити патогенну мікрофлору, але не руйнує білково-мінеральний комплекс.

Для виробництва творогу також важливо дотримуватися температурного режиму перед внесенням закваски — він становить 32–36 °С, залежно від виду використаних мікроорганізмів. Після цього сировина подається до сировиготовлювача, де відбуваються сквашування, утворення згустку, його обробка та виділення сироватки.

Мікробіологічні вимоги до сировини

Мікробіологічна чистота є критичним фактором для запобігання псуванню продукту й гарантії безпеки. У якісному молоці допускається присутність тільки фонові мікрофлори молочнокислого типу, при цьому повна відсутність патогенних мікроорганізмів, таких як *Escherichia coli*, *Salmonella spp.*, *Listeria monocytogenes* тощо, є обов'язковою умовою. Також не допускається наявність спороутворювальних бактерій у кількостях, що порушують процес сквашування.

Для посилення технологічного процесу ферментації використовують закваски прямого внесення, які містять культури *Lactococcus lactis*, *Lactococcus cremoris*, *Leuconostoc mesenteroides* тощо. Якість заквасок також регламентується відповідними стандартами та сертифікацією виробника.

Властивості і вимоги до готового продукту — кисломолочного сиру

Готовий продукт — кисломолочний сир — є харчовим продуктом, багатим на білок, амінокислоти, кальцій, фосфор і молочнокислі бактерії. Його якість оцінюється за органолептичними, фізико-хімічними та

мікробіологічними показниками. Виробництво творогу повинно відповідати вимогам ДСТУ 4554:2006 «Сир кисломолочний. Технічні умови».

Органолептичні показники:

зовнішній вигляд – рівномірна зерниста маса біло-кремового кольору;
консистенція – ніжна, однорідна, без крупинок сироватки;
смак і запах – кисломолочні, чисті, без сторонніх присмаків.

Фізико-хімічні показники:

масова частка вологи – до 73 % (залежно від виду сиру);
вміст білка – не менше 16 %;
вміст жиру – від 0 % (знежирений) до 18 % (жирний);
кислотність – до 210 °Т;
енергетична цінність – від 80 до 220 ккал на 100 г (залежно від жирності).

Мікробіологічні показники:

загальна кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів – не більше 5×10^6 КУО/г;

E. coli, патогенні мікроорганізми, збудники харчових інфекцій – не допускаються;

дріжджі й плісняви – не більше 500 КУО/г.

Особливості зберігання готової продукції

Зберігання кисломолочного сиру потребує дотримання холодового ланцюга. Рекомендована температура зберігання – від 0 до +6 °С, відносна вологість – 75–85 %. Термін зберігання без застосування консервантів — до 72 годин. При вакуумному пакуванні або охолодженні у захисній атмосфері термін може бути продовжено до 7–10 діб, за умови збереження мікробіологічної стабільності.

Порушення температурного режиму призводить до пришвидшеного зростання мікробної флори, появи сторонніх запахів і погіршення текстури

продукту. Тому сучасні виробництва активно впроваджують системи контролю умов зберігання на основі цифрових сенсорів.

Таким чином, якість молока як вихідної сировини, дотримання всіх етапів підготовки та правильна експлуатація технологічного обладнання (зокрема сировиготовлювача) мають визначальний вплив на отримання високоякісного кисломолочного сиру. Модернізований апарат ТІ-6,3 забезпечує стабільні параметри ферментації, ефективне перемішування, надійний злив сироватки, контроль температурного режиму та маси продукту. Усі ці фактори у комплексі дають змогу випускати продукцію високого рівня якості, що відповідає сучасним вимогам безпечності та споживчого попиту.

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

Опис запропонованого технічного рішення

У процесі функціонування сировиготовлювача ТІ-6,3 виявлено низку технічних обмежень, що впливають як на ефективність виробництва кисломолочного сиру, так і на якість готового продукту. Серед основних недоліків базової конструкції апарата варто відзначити фіксовану швидкість перемішування, відсутність автоматизованого миття, недостатню ефективність зливу сироватки, складність контролю маси сировини та фільтраційні втрати. У зв'язку з цим було розроблено п'ять взаємопов'язаних напрямків модернізації, які суттєво покращують як технічні, так і експлуатаційні характеристики обладнання.

1. Встановлення частотно-регульованого електроприводу.

Оригінальна модель сировиготовлювача обладнана двигуном із фіксованою швидкістю обертання, що не дає змоги гнучко регулювати інтенсивність перемішування згустку залежно від фази технологічного процесу. Запровадження частотно-регульованого електроприводу дозволяє змінювати швидкість обертання валу в межах від 5 до 25 об/хв. Це відкриває можливість точно налаштувати режими обробки продукту: від м'якого перемішування при сквашуванні до більш інтенсивного переміщення під час зливу сироватки. Такий підхід сприяє збереженню структури сирного згустку, знижує механічне навантаження на вузли перемішування та зменшує енергоспоживання обладнання.

2. Впровадження СІР-системи автоматизованого миття.

Промивка внутрішньої поверхні корпусу та робочих органів апарата традиційно виконується вручну, що створює значне навантаження на персонал, збільшує витрати часу та не гарантує стабільного гігієнічного рівня. У модернізованій конструкції передбачено використання стаціонарної системи СІР-миття із вбудованими обертовими або статичними форсунками, через які циркулює мийний розчин. Система підключена до зовнішнього мийного блоку, що подає воду необхідної температури та дозує лужні й кислотні миючі речовини. Завдяки цьому значно скорочується час санітарної обробки, забезпечується повне очищення важкодоступних зон, підвищується безпека виробництва та зменшується витрата ресурсів на миття.

3. Покращення фільтраційної системи.

Одинарна фільтраційна сітка, яка застосовується в класичній конструкції, швидко забруднюється і вимагає частого ручного очищення. Це спричиняє гальмування процесу зливу сироватки та збільшення залишкової вологості сирної маси. У модернізованому варіанті апарата застосовується багатошарова мікроперфорована вставка з полімерного матеріалу, стійкого до температурних і хімічних навантажень. Завдяки цій зміні покращується прохідність сироватки, зменшуються втрати білкових частинок, підвищується загальна швидкість зневоднення згустку та знижується частота технічного обслуговування фільтраційного вузла.

4. Автоматизація зливу сироватки.

Ручне відкривання зливного клапана, характерне для стандартної моделі, супроводжується неточністю дозування, перевитратою сировини та зростанням втрат у процесі фільтрації. Для усунення цих недоліків передбачено встановлення електропневматичного запірного клапана, який керується від блока керування або спрацьовує автоматично за сигналом від датчика рівня. Така конструкція дозволяє точно регламентувати час і об'єм

зливу, мінімізувати втручання оператора, автоматизувати повторювані етапи процесу та забезпечити кращий контроль за технологічною дисципліною.

5. Інтеграція тензодатчиків для контролю маси.

Одним з обмежень традиційної конструкції є відсутність можливості прямого вимірювання маси молока або готового продукту. Це ускладнює контроль якості, облік сировини та нормування рецептур. У запропонованому технічному рішенні сировиготовлювач монтується на платформі з трьома тензометричними датчиками, які передають сигнали на цифровий індикатор або в систему автоматизованого керування. Така інтеграція дозволяє точно контролювати завантаження молока, оцінювати вихід готового продукту, реєструвати зміну маси в динаміці та автоматизувати технологічні етапи дозування.

Загалом, запропоновані технічні рішення спрямовані на зменшення трудомісткості операцій, підвищення точності виробничого контролю, покращення санітарного стану та адаптацію апарата до сучасних вимог гнучкого та безпечного виробництва молочних продуктів.

Будова та принцип дії модернізованого обладнання

Модернізований сировиготовлювач належить до обладнання для молочної промисловості і призначений для отримання кисломолочного сиру (творогу) з частковою автоматизацією основних операцій. Основу конструкції складає горизонтально встановлена герметична багатошарова ємність (1), зовнішній шар якої включає теплоізоляцію (2) та облицювання (3), а внутрішній шар – виконаний у вигляді циліндра (4) з харчової нержавіючої сталі.

Між стінками корпусу розміщено зони нагріву та охолодження у вигляді змеєвиків: змеєвик нагрівання (5) із штуцерами входу (7) і виходу (8) теплоносія, та змеєвик охолодження (6) зі штуцерами (9) і (10) відповідно. На торцевій частині встановлено пристрій для заповнення і зливу, який включає штуцер (11), патрубок подачі (12) та кран зливу (13).

Контроль за процесом здійснюється через три оглядові вікна (14), датчики температури (15), пробний кран (16) і систему для відбору сироватки. В останній використано чотири штуцери (17) з кранами (18), об'єднані трубопроводом (19), розташовані на різних рівнях по висоті, що дозволяє визначати рівень рідини та проводити поетапний злив. У верхній частині апарата знаходиться завантажувальний люк (20) з внутрішньою захисною решіткою (21), оснащений блокувальним датчиком (22). Там же встановлено повітряний клапан (23) і СІР-мийна система з мийними головками (24), трубопроводом подачі мийних засобів (25) та краном (26).

Усередині апарата розташований ріжучо-виміщувальний механізм (РВМ), що складається з вала (27), змонтованого на підшипниках (28). На валу закріплено змінні лопаті (29) за допомогою кронштейнів (30), які встановлено по гвинтовій траєкторії з рівномірним зміщенням. Кожна лопать має зігнуті лопатки (31), на кінцях яких розміщено ножі (32), орієнтовані у напрямку обертання. Така конфігурація забезпечує як перемішування, так і ефективно різання згустку.

Привод механізму включає редуктор (33) з кришкою (34), на вихідному валу якого розміщено «прапорець» (35) та датчик положення (36), що відключає привід при досягненні заданого положення. Вся конструкція змонтована на опорах (37), дві з яких обладнано тензодатчиками (38), пов'язаними з системою керування.

У процесі роботи апарат заповнюється молочною сумішшю через патрубків (12). Кількість завантаженої сировини визначається за показаннями тензодатчиків. Після завантаження контролюють температуру суміші та при необхідності здійснюють підігрів за допомогою змієвика нагрівання (5), вмикаючи перемішування через привід РВМ. У разі перевищення температури до заданої – активується охолодження через змієвик (6).

Після досягнення температури заквашування привід зупиняється. Система автоматично фіксує положення лопатей поза зоною люка, що

дозволяє безпечно вносити закваску вручну або автоматизовано. Після внесення компонентів перемішування повторюється, далі відбувається сквашування при підтримці стабільної температури. Після цього активується різання згустку за допомогою ножів (32). Готовність оцінюється візуально або за сигналом датчиків.

Злив сироватки здійснюється поетапно через штуцери (17) із кранами (18), спостерігаючи за рівнем через вікна (14). Після цього виконується остаточне зневоднення і злив готового згустку через кран (13). Завдяки нахилу корпусу в бік зливного вузла забезпечується повний вихід продукту без залишків.

Санітарна обробка здійснюється в автоматичному режимі: через кран (26) подається мийний розчин, що циркулює в головках (24), при цьому привод РВМ вмикається для промивання внутрішніх елементів. Витрата мийного розчину та час миття контролюються системою керування. Повітряний клапан (23) забезпечує вирівнювання тиску в апараті.

Таким чином, у модернізованому сировиготовлювачі реалізовано повний цикл виробництва сиру (творогу) – від завантаження та сквашування до зневоднення та миття, з частковою автоматизацією ключових операцій, покращеною ергономікою та гігієнічністю.

5. Підбір конструкційних матеріалів

Раціональний вибір конструкційних матеріалів є одним із ключових факторів, що забезпечує надійність, довговічність та санітарну безпечність харчового обладнання. Для сировиготовлювача ТІ-6,3, призначеного для виробництва кисломолочного сиру, конструкційні матеріали повинні відповідати не лише механічним і корозійним навантаженням, але й санітарно-гігієнічним вимогам харчової промисловості.

Основні вимоги до матеріалів

Усі деталі апарата, що безпосередньо контактують із продуктом (молочною сумішшю, сироваткою, згустком), повинні бути виготовлені з харчової нержавіючої сталі, стійкої до дії молочної кислоти, мийних засобів, механічних навантажень, а також відповідати вимогам стандартів ДСТУ EN 10088 та ISO 683/13. Крім того, матеріали повинні мати гладку поверхню, не вбирати вологу та не вступати в реакцію з молочними білками.

Конструкції, які не контактують безпосередньо з продуктом (наприклад, несучі рами, опори, зовнішнє облицювання), допускається виготовляти зі сталі вуглецевих марок з антикорозійним покриттям або з нержавіючої сталі з меншими вимогами до полірування.

Матеріали основних вузлів апарата

1. Робоча ємність (внутрішній циліндр):

Матеріал: сталь марки AISI 304 (аналог 08X18H10, ГОСТ 5632)

Це класична харчова нержавійка з високою корозійною стійкістю, допустима для тривалого контакту з кисломолочним середовищем. Забезпечує чистоту та легкість миття внутрішніх поверхонь.

2. Зовнішня оболонка (облицювання):

Матеріал: сталь AISI 430 або вуглецева сталь з порошковим покриттям

Ця частина не контактує з продуктом, тому можна використовувати більш доступні матеріали, що знижує загальну вартість обладнання.

3. Теплообмінні елементи (змеєвики охолодження й нагріву):

Матеріал: нержавіюча сталь AISI 304 або AISI 316 (для агресивних середовищ)

Марка AISI 316 містить молібден і має підвищену стійкість до кислотних миючих засобів, що рекомендується при частій СІР-обробці.

4. Вал перемішування та режуще-вимішуючий механізм:

Матеріал: AISI 321 або AISI 304

Завдяки термостійким і антифрикційним властивостям, ці сталі ідеально підходять для обертальних елементів, які працюють під навантаженням і в умовах змінної температури.

5. Лопаті та ножі:

Матеріал: AISI 420 або AISI 440

Ці сталі є гартованими і дозволяють виготовити ріжучі кромки з високою зносостійкістю, стійкі до механічного стирання при контакті з білковим згустком.

6. Опори та каркасна рама:

Матеріал: Сталь конструкційна вуглецева (наприклад, С245) з порошковим фарбуванням або гальванічним цинкуванням.

У разі експлуатації в умовах підвищеної вологості можливе використання AISI 304 для каркаса.

7. Підшипникові вузли:

Матеріал: Шарикопідшипники з хромової сталі (ШХ15), корпуси — чавун СЧ20 або нержавійка з полімерними вставками.

Перевага надається герметизованим підшипникам із захистом від вологи та пилу.

8. Ущільнення, прокладки, миючі головки:

Матеріал: харчовий силікон, тефлон (PTFE), EPDM або FKM

Ці полімери мають терmostійкість, хімічну інертність та гнучкість, витримують частий контакт із мийними засобами.

Антикорозійний захист і обробка поверхонь

Усі зварні шви в зоні контакту з продуктом повинні проходити обробку шліфуванням і поліруванням до шорсткості не більше Ra 0,8 мкм, що запобігає накопиченню мікроорганізмів. Поверхні, які зазнають SIP-миття, обов'язково мають бути без пор і капілярних тріщин.

Зовнішні поверхні, виготовлені з вуглецевої сталі, підлягають фарбуванню епоксидними або порошковими покриттями з терmostійкістю до 100 °С. Вузли, які потребують особливої стійкості (наприклад, кріплення мийної системи), можуть бути додатково покриті хромом або нікелем.

Підібрані конструкційні матеріали повністю відповідають вимогам до обладнання харчової промисловості та забезпечують:

- довговічність конструкції;
- стійкість до корозії та хімічного впливу;
- збереження якості продукту;
- санітарну безпеку та легкість обслуговування.

Рациональне поєднання нержавіючих сталей у контактних елементах і вуглецевих матеріалів у несучих елементах дозволяє оптимізувати вартість виготовлення обладнання без втрати функціональності та безпечності. У контексті модернізації сировиготовлювача ТІ-6,3 такий підхід є обґрунтованим як з технологічної, так і з економічної точки зору.

6. Розрахункова частина

Технологічні розрахунки

Процес виробництва кисломолочного сиру (творогу) у сировиготовлювачі включає кілька основних етапів: сквашування молока, утворення згустку, його нарізання, зневоднення сироватки, пресування, охолодження та вивантаження готового продукту. Для обґрунтування ефективності модернізованої конструкції апарата ПІ-6,3 необхідно виконати низку технологічних розрахунків, що стосуються вибору доз ферменту, розчинників, температурних режимів, теплових витрат і продуктивності.

1. Розрахунок дози ферменту

Для забезпечення нормального процесу сквашування необхідно розрахувати точну кількість сичужного ферменту з урахуванням його активності:

$$K_f = (D_f \times K_m \times 1000) / A_f,$$

де:

K_f — маса ферменту, г;

D_f — доза нормального ферменту, г/1000 кг молока (1 г);

K_m — маса молока, кг;

A_f — фактична активність застосовуваного ферменту, МО/г.

Наприклад, при обробці 300 кг молока ферментом активністю 80 000 МО/г:

$$K_f = (1 \times 300 \times 1000) / 80\,000 = 3,75 \text{ г.}$$

2. Об'єм рідини для розчинення ферменту

Розчинення ферменту виконується у воді або сироватці температурою близько 36 °С. Кількість рідини визначається з розрахунку 100 см³ на 1 г ферменту:

$$V = K_f \times 100 = 3,75 \times 100 = 375 \text{ см}^3.$$

Допускається округлення до 400 см³ для зручності.

3. Температурно-часовий режим сквашування

Після внесення закваски й ферменту, молоко перемішується протягом 10–15 хвилин, після чого залишають у стані спокою для формування згустку.

Рекомендована температура сквашування:

61 ± 5 °С — для дієтичного (пісного) сиру (творогу),

71 ± 5 °С — для жирного сиру (творогу).

Тривалість сквашування:

6–10 годин — при класичному способі,

4–6 годин — при інтенсифікованому (прискореному) методі.

4. Тепловий розрахунок для нагріву молока

Для досягнення температури сквашування (припустимо, з 20 °С до 70 °С), необхідно подати певну кількість теплоти:

$$Q = m \times c \times (t_2 - t_1),$$

де:

Q — кількість теплоти, кДж;

m — маса молока, кг (1350 кг — робочий об'єм апарата);

c — питома теплоємність молока ≈ 3,9 кДж/кг·°С;

t₁ = 20°С, t₂ = 70°С.

$$Q = 1350 \times 3,9 \times (70 - 20) = 1350 \times 3,9 \times 50 = 263\,250 \text{ кДж}.$$

Цю кількість теплоти має забезпечити пар або гаряча вода, що подається в сорочку апарата.

5. Оцінка часу нагрівання (при наявній потужності)

При номінальній тепловій потужності рубашки ~22 кВт (вказано на кресленні):

$$t = Q / P = 263250 / (22 \times 1000) \approx 11,96 \text{ год}.$$

Такий час занадто довгий, тому система працює з рециркуляційним підігрівом або використанням попередньо підігрітої сировини (до 40–45 °С).

Якщо температура на вході буде вже 45 °С:

$$Q = 1350 \times 3,9 \times (70 - 45) = 131\,625 \text{ кДж},$$

$$t = 131625 / (22 \times 1000) \approx 6 \text{ год.}$$

Цей показник вже ближчий до допустимого. Фактичний час нагріву, з урахуванням циркуляції, буде ще коротшим.

6. Розрахунок продуктивності апарата

Розрахуємо кількість готового сиру (творогу) за одну партію та за зміну:

Вихід сиру (творогу) з 1000 кг молока: 9–16%, в залежності від жирності.

Для 1350 кг молока середній вихід:

$$1350 \times 0,12 = 162 \text{ кг сиру (творогу).}$$

За зміну (наприклад, 3 партії):

$$3 \times 162 = 486 \text{ кг/зміну.}$$

Це відповідає показникам маломасштабного виробництва.

7. Втрати сировини

У середньому разом із сироваткою втрачається:

до 0,5% білків;

до 0,3% жирів.

Загальна втрата сухих речовин з 1350 кг молока:

Близько 4–5 кг, що є допустимим рівнем при використанні фільтрувальної тканини і м'якого перемішування.

Конструктивні розрахунки

У процесі модернізації сировиготовлювача ТІ-6,3 було виконано низку конструктивних розрахунків, що дозволяють обґрунтувати вибрані параметри обладнання, зокрема робочого корпусу, вала з лопатями та приводу. Основною метою розрахунків є перевірка міцності, надійності та

працездатності механічної частини апарата у процесі виготовлення кисломолочного сиру.

Робоча частина апарата має форму горизонтального циліндра. Його об'єм визначається за формулою:

$$V = \pi \times D^2 / 4 \times H,$$

де D – внутрішній діаметр ємності, м (0,8 м),

H – довжина робочої частини корпусу, м (2,7 м).

Підставивши числові значення, отримаємо:

$$V = 3,1416 \times (0,8)^2 / 4 \times 2,7 \approx 1,356 \text{ м}^3.$$

Отже, робоча місткість сировиготовлювача становить приблизно 1350 літрів, що дозволяє проводити технологічну обробку середньої партії молока в одному циклі.

Наступним етапом є розрахунок крутного моменту на валу режущо-вимишувального механізму. Відповідно до креслення, на валу розміщено 8 лопатей довжиною 710 мм кожна. Частота обертання вала становить 6 обертів за хвилину. При цьому обертальний момент визначається наближеною формулою:

$$M \approx k \times \rho \times L^3 \times n^2,$$

де k – емпіричний коефіцієнт навантаження (для в'язких середовищ – орієнтовно 2),

ρ – густина перемішувального середовища, кг/м³ (1000 кг/м³),

L – довжина лопаті, м (0,71 м),

n – частота обертання, об/хв (6).

Підставляючи значення:

$$M \approx 2 \times 1000 \times (0,71)^3 \times 6^2 \approx 2 \times 1000 \times 0,357 \times 36 \approx 25\,704 \text{ Н}\cdot\text{мм} \approx 25,7 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Отриманий крутний момент на валу є незначним, що дозволяє обґрунтовано використовувати привід потужністю 2,2 кВт з редуктором. Таким чином, обрана конфігурація забезпечує значний запас міцності й енергетичну надійність у роботі.

Крім того, з урахуванням діаметра вала 40 мм та його загальної довжини 3450 мм було оцінено допустимий згин. Внаслідок симетричного розміщення лопатей та рівномірного розподілу навантаження з боку продукту, максимальний прогин вала залишається в межах допустимих значень для обраного матеріалу (нержавіюча сталь марки 12Х18Н10Т).

Лопаті розташовані під кутом 45° одна до одної, що формує рівномірне гвинтове перемішування в усьому об'ємі апарата. Це дозволяє одночасно забезпечувати ефективне розрізання згустку та перемішування з мінімальним механічним пошкодженням структури майбутнього сиру (творогу).

Таким чином, проведені конструктивні розрахунки підтверджують доцільність і надійність технічного рішення, забезпечують технологічну ефективність, тривалий ресурс роботи та безпечну експлуатацію модернізованого сировиготовлювача.

Розрахунок валу на згин

Окрім визначення крутного моменту, для вала ріжучо-вимішувального механізму сировиготовлювача ПІ-6,3 виконується перевірка на згин з метою оцінки міцності при експлуатації. Припускається, що під дією сили з боку згустку, яка діє на площу лопатей, виникає навантаження, що створює згинальний момент у центральній частині вала.

Сила тиску на одну лопать визначається за формулою:

$$F = \rho \times g \times S,$$

де:

ρ – густина згустку, кг/м^3 (приймаємо 1000 кг/м^3),

g – прискорення вільного падіння, м/с^2 (приймаємо $9,81 \text{ м/с}^2$),

S – площа лопаті, м^2 (орієнтовно $0,71 \times 0,025 = 0,01775 \text{ м}^2$).

Підставляючи значення:

$$F = 1000 \times 9,81 \times 0,01775 \approx 174 \text{ Н (на одну лопать)}.$$

Загальна сила від восьми лопатей:

$$F_0 = 174 \times 8 = 1392 \text{ Н}.$$

Максимальний згинальний момент для вала, опертого по краях, визначається як:

$$M = (F_0 \times l) / 4,$$

де:

l – відстань між опорами (приймаємо 2 м).

Підставляючи:

$$M = (1392 \times 2) / 4 = 696 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Момент інерції круглого перерізу вала розраховується за формулою:

$$I = (\pi \times d^4) / 64,$$

де:

d – діаметр вала, м (0,04 м).

Підставляючи:

$$I = (3,1416 \times 0,04^4) / 64 \approx 1,26 \times 10^{-8} \text{ м}^4.$$

Відстань до крайніх волокон:

$$y = d / 2 = 0,04 / 2 = 0,02 \text{ м}.$$

Максимальні згинальні напруження:

$$\sigma = (M \times y) / I = (696 \times 0,02) / (1,26 \times 10^{-8}) \approx 110 \times 10^6 \text{ Па} = 110 \text{ МПа}.$$

Допустиме напруження для нержавіючої сталі марки 12Х18Н10Т приймаємо 200 МПа. Тоді запас міцності:

$$n = \sigma_{\text{доп}} / \sigma_{\text{факт}} = 200 / 110 \approx 1,8.$$

Таким чином, запас міцності вала за умов згину становить приблизно 1,8, що є цілком прийнятним для надійної довготривалої роботи.

Підбір підшипників

Добір підшипників проводиться відповідно до діаметра вала та експлуатаційних умов. При діаметрі вала 40 мм доцільно використовувати підшипники типу UC208 або 204-305 за ГОСТ чи DIN 620. Такі підшипники здатні сприймати радіальні навантаження до 11 кН, працювати при температурі до +120 °С і мають захист від вологи (герметичне ущільнення). Для умов виробництва кисломолочного сиру рекомендується встановлювати

підшипники з металокерамічним або фторопластовим ущільненням, які придатні до вологого середовища та регулярного миття.

Швидкість обертання вала невисока – 6 об/хв, що відповідає лінійній швидкості:

$$v = (\pi \times d \times n) / 60 = (3,1416 \times 0,04 \times 6) / 60 \approx 0,0126 \text{ м/с.}$$

Отже, швидкість низька, знос мінімальний, і стандартні підшипники забезпечать достатній ресурс при коректному монтажі.

Розрахунок зусиль, що діють на зварні шви корпусу

Припустимо, що внутрішній тиск на стінки корпусу викликаний гідростатичним тиском згустку. Сила на одиницю довжини зварного шва:

$$F = \rho \times g \times h \times b,$$

де:

ρ – густина продукту, кг/м³ (приймаємо 1000),

g – прискорення вільного падіння, м/с² (9,81),

h – висота стовпа рідини, м (0,8),

b – довжина шва, м (1,0 м для оцінки).

$$F = 1000 \times 9,81 \times 0,8 \times 1 = 7848 \text{ Н.}$$

Це сила, яку повинен витримати горизонтальний шов на 1 м довжини. Перевірка виконується за допустимим напруженням для матеріалу шва.

Гідравлічний розрахунок зливного вузла

Витрату через отвір можна оцінити за формулою Торрічеллі:

$$Q = \mu \times A \times \sqrt{2 \times g \times h},$$

де:

μ – коефіцієнт витрати ($\approx 0,6$),

A – площа отвору, м² ($\pi \times D^2 / 4$),

g – 9,81 м/с²,

h – висота рівня рідини над отвором, м.

При $D = 0,05$ м, $h = 0,5$ м:

$$A = 3,1416 \times (0,05)^2 / 4 \approx 0,00196 \text{ м}^2,$$

$$Q \approx 0,6 \times 0,00196 \times \sqrt{(2 \times 9,81 \times 0,5)} \approx 0,0016 \text{ м}^3/\text{с} = 1,6 \text{ л/с.}$$

Отже, за 10 секунд можна злити приблизно 16 літрів сироватки.

Розрахунок тепловтрат через стінки корпусу

Тепловтрати через циліндричну поверхню:

$$Q = k \times S \times (t_1 - t_2) \times \tau,$$

де:

k – коефіцієнт теплопередачі (приймаємо $1 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$ з ізоляцією),

S – площа поверхні ($\pi \times D \times L$),

t_1 – температура в апараті, $^{\circ}\text{C}$,

t_2 – температура навколишнього середовища, $^{\circ}\text{C}$,

τ – час, с.

При $D = 0,8 \text{ м}$, $L = 2,7 \text{ м}$, $t_1 = 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_2 = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau = 3600 \text{ с}$ (1 година):

$$S = 3,1416 \times 0,8 \times 2,7 \approx 6,78 \text{ м}^2,$$

$$Q = 1 \times 6,78 \times (70 - 25) \times 3600 \approx 1\,097\,280 \text{ Дж} \approx 1,1 \text{ МДж.}$$

Розрахунок кількості теплоти на нагрів молока

Визначення кількості теплоти для нагріву молока:

$$Q = m \times c \times (t_2 - t_1),$$

де:

m – маса молока, кг (наприклад, 1350 кг),

c – теплоємність молока $\approx 3,9 \text{ кДж/кг} \cdot \text{К}$,

t_1 – початкова температура,

t_2 – кінцева температура.

$$Q = 1350 \times 3,9 \times (70 - 20) = 1350 \times 3,9 \times 50 = 263\,250 \text{ кДж} = 263,25 \text{ МДж.}$$

5. Розрахунок маси апарата в робочому стані

Сумарна маса:

$$M_{\text{заг}} = M_{\text{корп}} + M_{\text{молока}} + M_{\text{вала}} + M_{\text{лопатеї}},$$

де:

$M_{\text{корп}}$ – маса корпусу (орієнтовно 450 кг),

$M_{\text{молока}}$ – маса продукту (1350 кг),

Мвала – маса вала (приблизно 40 кг),

Млопатеї – 8 лопатеї по 5 кг = 40 кг.

Мзаг = 450 + 1350 + 40 + 40 = 1880 кг.

Кінематичний розрахунок приводу

Швидкість обертання робочого валу $n = 6$ об/хв. Вхідна швидкість двигуна $n_1 = 1500$ об/хв. Потрібне передатне число редуктора:

$$i = n_1 / n_2 = 1500 / 6 = 250.$$

З урахуванням частотного регулювання двигуна від 5 до 25 об/хв, оптимальний робочий діапазон:

$$i = 1500 / 25 = 60 \text{ (мінімум)}, i = 1500 / 5 = 300 \text{ (максимум)}.$$

Передатне число редуктора має забезпечувати цей діапазон.

Перевірка стійкості корпусу

Для плоского днища при тиску з боку рідини:

$$\sigma = (p \times r^2) / (2 \times h^2),$$

де:

p – гідростатичний тиск ($\approx \rho \times g \times h$),

r – радіус днища,

h – товщина дна.

При $r = 0,4$ м, $h = 0,005$ м, $p = 1000 \times 9,81 \times 0,8 \approx 7848$ Па:

$$\sigma = (7848 \times 0,4^2) / (2 \times 0,005^2) = (7848 \times 0,16) / (0,00005) \approx 25,1 \text{ МПа}.$$

Допустиме напруження для нержавіючої сталі: 200 МПа → запас міцності великий.

Розрахунок гігієнічного зливу

Об'єм незливної частини:

$$V_{\text{ост}} = S_{\text{дна}} \times h_{\text{незлив}},$$

де $S_{\text{дна}} = \pi \times r^2$,

$h_{\text{незлив}}$ – залишкова глибина (наприклад, 10 мм = 0,01 м),

$r = 0,4$ м.

$$S_{\text{дна}} = 3,1416 \times 0,4^2 = 0,5026 \text{ м}^2,$$

$$V_{ост} = 0,5026 \times 0,01 = 0,005 \text{ м}^3 = 5 \text{ літрів.}$$

Цей об'єм можна зменшити за рахунок правильного розташування патрубків або формування нахилу днища.

7. Розрахунок технології виготовлення окремих деталей

Сучасний розвиток машинобудівної галузі орієнтується на суттєве підвищення якості виготовлення деталей, застосування прогресивних конструкційних і інструментальних матеріалів, а також впровадження високоефективних зміцнюючих технологій. Виробництво дедалі більше автоматизується, що передбачає використання верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК), а також засобів комп'ютерного проектування (САПР). У таких умовах зростають вимоги до теоретичної та практичної обґрунтованості методів обробки, до підбору оптимальних маршрутів виготовлення деталей, з урахуванням останніх вітчизняних і міжнародних досягнень у галузі технології машинобудування.

Технологічний процес є невід'ємною частиною загального виробничого циклу і включає сукупність дій, спрямованих на формування необхідних властивостей заготівлі відповідно до вимог креслення. У сучасних умовах близько третини всіх операцій на машинобудівних підприємствах припадає на механічну обробку металів різанням, що робить її ключовим чинником технічного прогресу у виробництві.

Розробка технологічного процесу виготовлення будь-якої деталі, зокрема черв'яка, потребує врахування кількох важливих аспектів. Одним із головних є забезпечення необхідного рівня точності та якості оброблених поверхонь, особливо тих, що виконують функціональні або з'єднувальні ролі. Конструкція деталі має відповідати принципам технологічності, що передбачає простоту виготовлення, економність у використанні матеріалів і мінімізацію виробничих витрат. Крім того, важливе значення має вибір оптимального маршруту обробки з урахуванням наявного обладнання, інструментів, оснащення та обсягів випуску деталей. Маршрут повинен відповідати типу виробництва (одиничне, серійне, масове) і враховувати умови конкретного підприємства.

Під час розрахунків для даного дипломного проєкту була розроблена технологія виготовлення черв'яка — елемента приводу сировиготовлювача ТІ-6,3, який забезпечує передачу обертового моменту в системі. Ця деталь має складну просторову геометрію і високі вимоги до точності профілю різьби, що потребує застосування спеціалізованого металорізального обладнання, точного інструменту та контролю на кожному етапі виготовлення.

У ході проєктування технології було проаналізовано доступне обладнання, визначено тип заготівлі, спосіб її отримання, обрано раціональний маршрут обробки, підбрано верстати, різальний інструмент, а також способи контролю відповідності геометричних параметрів технічним вимогам. Особливу увагу приділено питанням економічності, взаємозамінності, продуктивності та якості.

Таким чином, запропонований технологічний процес виготовлення черв'яка повністю відповідає вимогам сучасного машинобудівного виробництва, забезпечує необхідний рівень точності, довговічності та функціональності деталі, а також може бути адаптований до умов серійного або дрібносерійного виготовлення на підприємстві.

Опис деталі, аналіз технологічності конструкції, характеристика матеріалу

Деталь «Черв'як» являє собою тіло обертання з габаритними розмірами $\varnothing 67,5 \times 132$ мм. Виготовляється з якісної конструкційної Сталі 50 ДСТУ 1050 88.

Таблиця 7.1. – Характеристика поверхонь деталі

Номер поверхні	Найменування поверхні деталі	Квалітет точності	Параметр шорсткості Ra, мкм	Граничні відхилення, мм	Примітки
<i>Діаметральні, конічні та радіусні поверхні</i>					
2, 5	$\varnothing 45,5$	h14	6,3	-0,62	
11	$\varnothing 48$	h14	6,3	-0,62	
3	$\varnothing 62,5$	h14	6,3	-0,74	
12	$\varnothing 25$	H8	2.5	+0.033	

Різьбові поверхні					
11	M8x1	7H	3,2	–	

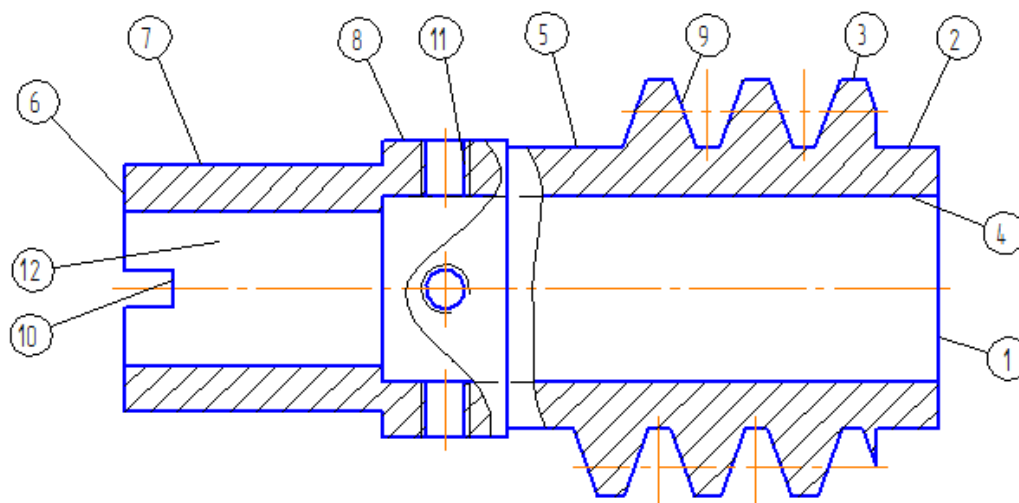


Рисунок.7.1. – Рисунок деталі «Черв'як» приводу сировиготовлювача ПІ-6,3

Технологічність деталі оцінюється за сукупністю якісних і кількісних характеристик, які відображають зручність та економічність її виготовлення у певних виробничих умовах. У даному випадку розглядається деталь «Черв'як» — елемент передачі, що має форму тіла обертання та є відповідальною деталлю у приводі сировиготовлювача.

З конструктивної точки зору деталь має достатньо просту геометрію, що дозволяє ефективно виконувати основні операції на токарних і фрезерних верстатах, у тому числі на обладнанні з числовим програмним керуванням (ЧПК). Це забезпечує підвищену точність обробки, скорочення часу виготовлення, а також можливість багатоінструментного обслуговування з мінімальним втручанням оператора.

Згідно з кресленням, геометричні параметри деталі виконані з урахуванням необхідних допусків, квалітетів точності та параметрів шорсткості. Одна з функціональних поверхонь має 6-й квалітет, що свідчить про високі вимоги до точності виготовлення. Усі розміри мають відповідні позначення та допуски, що дає змогу легко виконувати контроль якості в

процесі виробництва. Конструкція черв'яка передбачає відкритий доступ різального інструменту до всіх оброблюваних поверхонь, що дозволяє проводити обробку без необхідності переустановки заготовки на верстаті, а також забезпечує вільне використання контрольно-вимірювального обладнання.

Матеріалом виготовлення є вуглецева конструкційна сталь марки 50 згідно з ДСТУ 1050–88. Цей матеріал відомий своєю міцністю, доброю оброблюваністю різанням, а також стійкістю до навантажень. Сталь 50 широко застосовується у виробництві деталей, які працюють у напружених умовах, таких як вали, осі, плунжери, штовхачі, кільця тощо. Її механічні властивості роблять її доцільним вибором для виготовлення черв'яків, оскільки вони повинні витримувати значні динамічні навантаження в умовах тертя і передачі зусиль.

Загалом, конструкція черв'яка дає змогу використовувати як універсальні, так і спеціалізовані верстати, стандартні інструменти та оснащення. Всі параметри виробу відповідають вимогам до точності, шорсткості, уніфікації та жорсткості. Такий рівень параметрів забезпечує стабільність якості при виготовленні великої кількості деталей у серійному або дрібносерійному виробництві.

Проведений аналіз дає підстави зробити висновок про високу технологічність деталі «Черв'як». Її виготовлення не вимагає складного оснащення або трудомістких переходів, що сприяє зниженню собівартості та стабільній реалізації виробничого процесу з дотриманням технічних вимог.

Таблиця 7.2. – Хімічний склад Сталі 50 ДСТУ 1050 – 88

Основні компоненти, %			Домішки, % не більше				
Вуглець C	Кремній Si	Марганець Mn	Сірка S	Фосфор P	Нікель Ni	Хром Cr	Мідь Cu
0,47 ÷ 0,55	0,17 ÷ 0,37	0,5 ÷ 0,8	0,04	0,035	0,25	0,25	0,25

Таблиця 7.3. – Механічні властивості Сталі 45 ДСТУ 1050 – 88

Межа текучості σ_t , МПа не менше	Межа міцності σ_b , МПа не менше	Відносне видовження після розриву δ , %	Відносне звуження Ψ ,%	Твердість НВ не більше
310	530	17	38	197

Визначення типу виробництва, розміру партії деталей

Для подальшого виконання технологічних розрахунків необхідно визначити тип виробництва, до якого належить виготовлення деталі «Черв'як». За маси однієї деталі, що становить 1,23 кг, та річної програми випуску у 500 штук, виробництво відносять до середньо-серійного типу.

Цей тип характеризується тим, що продукція виготовляється партіями з періодичним повторенням, при обмеженій номенклатурі деталей і досить великих обсягах випуску. Середньо-серійне виробництво забезпечує добрий баланс між гнучкістю обробки та продуктивністю, дозволяючи ефективно використовувати ресурси підприємства.

У таких умовах доцільно застосовувати універсальні верстати та обладнання з числовим програмним керуванням (ЧПК), що можуть бути оснащені не лише універсальним, але й спеціалізованим та збірним оснащенням. Це дозволяє знизити трудомісткість окремих операцій, зменшити собівартість готової продукції та одночасно забезпечити необхідний рівень якості та точності обробки.

Обрана організація виробництва також сприяє стабільності процесу, дає можливість планувати партії виготовлення з урахуванням потреб підприємства, і дозволяє раціонально завантажувати виробничі потужності.

Вибір заготовки та метод її виготовлення

На основі аналізу конструкції деталі «Черв'як», а також відповідно до вимог, зазначених у кресленні, можна зробити висновок, що найбільш доцільним способом виготовлення заготівлі є штампування. Такий варіант забезпечує оптимальне поєднання геометричної точності, економічності та технологічності процесу.

З огляду на форму деталі, її габарити, а також властивості використовуваного матеріалу, як базову технологію виготовлення заготівки доцільно застосувати штампування на кривошипно-шатунному гарячощтампувальному пресі з виштовхувачем. Цей метод дозволяє отримати заготовки з достатньо високою точністю і стабільною якістю, що відповідає умовам середньо-серійного типу виробництва. Використання гарячого штампування забезпечує хорошу оброблюваність матеріалу на наступних етапах, мінімізує внутрішні дефекти та покращує структурну однорідність металу.

Враховуючи, що вимоги до точності форми і поверхонь деталі не є підвищеними, вибір саме такого методу виготовлення є економічно виправданим і технологічно доцільним. Крім того, така заготовка зменшує витрати матеріалу в процесі обробки, скорочує час виконання чорнових операцій і дає змогу забезпечити раціональний припуск для подальшого механічного доопрацювання.

Розрахунок припусків і визначення розмірів заготовки

Розмір припуску на механічну обробку залежить від кількох чинників, серед яких найважливішими є: маса деталі, складність її форми, група сталі, початковий стан поверхонь та необхідний клас точності. Оскільки деталь виготовляється зі сталі 50 і належить до групи відповідальних, але не високоточних елементів, розмір припуску визначається з урахуванням 14-го квалітету точності. Це повністю відповідає умовам середньо-серійного виробництва.

Заготівля повинна забезпечувати можливість обробки з мінімальними витратами часу та ресурсів, тому при визначенні розмірів необхідно враховувати сумарні припуски на обробку зовнішніх та внутрішніх поверхонь. Розраховані припуски, виконавчі розміри заготівки та поля допусків оформлюються у вигляді технологічної таблиці. Окрім геометричних параметрів, у таблицю також вносять масу заготівки, яка розраховується з урахуванням об'єму деталі (з припусками) та густини матеріалу.

Отримані результати дозволяють перейти до побудови маршруту обробки, розробки технологічної бази та вибору інструментів для виконання конкретних операцій.

Таблиця 7.4. Припуски на механічну обробку та розмір заготовки з допусками

Найменування поверхні	Квалітет точності	Параметр шорсткості Ra, мкм	Загальний припуск, мм	Розмір заготовки з граничними відхиленнями, мм
Діаметральні розміри				
Ø42	14	25		Ø44+1,3-0,7
	11	6,3	$1,7 \cdot 2 = 3,4$	Ø40,6-0,16
	9	3,2	$0,2 \cdot 2 = 0,4$	Ø40,2-0,062
	6	2,5	$0,1 \cdot 2 = 0,2$	Ø40-0,016
Ø25	14	25		Ø22+0,5-1,1
	12	6,3	$1,4 \cdot 2 = 2,8$	Ø24,4+0,25
	10	3,2	$0,2 \cdot 2 = 0,4$	Ø24,8+0,1
	8	2,5	$0,1 \cdot 2 = 0,2$	Ø25+0,039
Ø62,5	14	6,3	$3,25 \cdot 2 = 6,5$	Ø72+1,3-0,7
Лінійні розміри				
132	14	6,3	$2 \cdot 2 = 4$	136+1,4-0,6

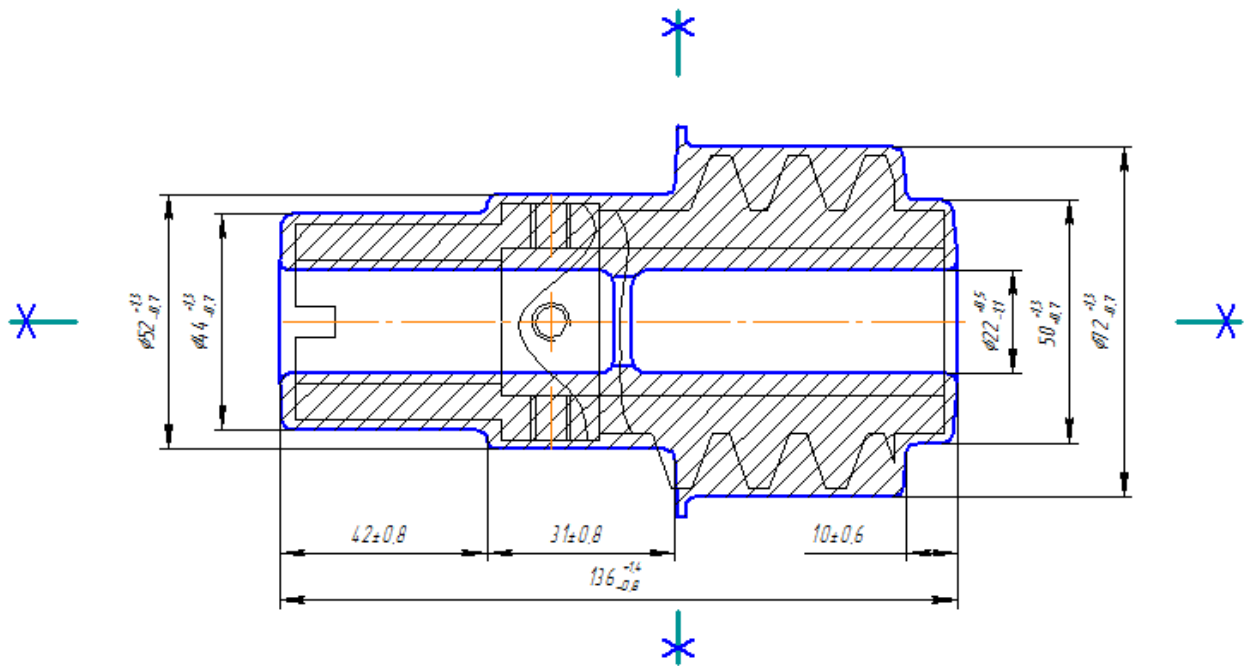
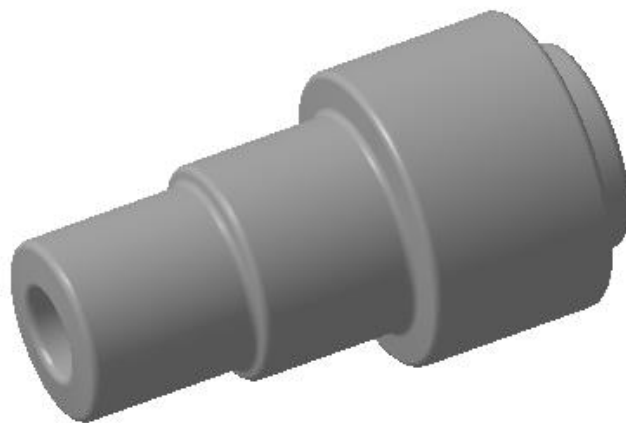


Рисунок 7.2. – Рисунок заготовки для визначення маси



Информация	
Файл Редактор	
Дата	11.12.2017
Документ	Деталь E:\Desktop\НУХТ ТМ Червяк ст50\Заготовка.1

Деталь	
Заданные параметры	
Материал тел	Сталь 45 ГОСТ 1050-2013
Плотность материала тел	Ro = 0.007820 г/мм3
Расчетные параметры (тела и компоненты)	
Масса	M = 2374.394568 г
Площадь	S = 38927.211759 мм2
Объем	V = 303631.018943 мм3
Центр масс	Xc = 0.000000 мм
	Yc = 0.000000 мм
	Zc = 52.200950 мм

$m = 2,37$ кг.

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{вм}} = \frac{m_d}{m_z} = \frac{1.233}{2.37} = 0,52 \quad (15)$$

Виходячи з отриманої величини $K_{\text{вм}}$ можна з упевненістю стверджувати, що припуски та заготованку обрано вірно.

Розробка технологічного маршруту виготовлення деталі

Побудова технологічного процесу виготовлення деталі «Черв'як» ґрунтується на трьох основоположних принципах: технічному, економічному та організаційному. Їх поєднання забезпечує як відповідність готового виробу технічним вимогам, так і досягнення ефективності виробництва в умовах серійного випуску.

Технічний принцип полягає в тому, що розроблений процес повинен гарантувати точне відтворення геометричних параметрів, які задані у кресленні. Це включає забезпечення необхідного класу точності, шорсткості поверхонь та геометричної форми відповідно до заданих допусків. Усі технологічні операції повинні сприяти виготовленню деталі без відхилень, що виходять за межі прийнятих стандартів.

Економічний принцип передбачає прагнення до зниження витрат на виготовлення деталі при збереженні або підвищенні її якості. Це досягається за рахунок вибору раціонального маршруту обробки, мінімізації кількості переходів, скорочення витрат часу на переналадку обладнання, використання стандартного оснащення та багатоінструментного обслуговування, що особливо актуально у серійному виробництві.

Організаційний принцип орієнтований на забезпечення таких умов виробництва, за яких деталь виготовляється з максимальною продуктивністю. Це включає вибір відповідного обладнання, оптимальну послідовність операцій, обґрунтовану тривалість переходів, а також можливість взаємозамінності та ритмічної роботи верстатів. При цьому

враховується тип виробництва, обсяг партії, можливості дільниці та рівень автоматизації.

У процесі формування технологічного процесу важливу роль відіграє вибір технологічних баз. У даному випадку дотримано двох основних принципів базування: єдності та постійності.

Принцип єдності баз означає, що для виконання більшості операцій використовуються одні й ті самі базові поверхні, які одночасно є конструктивними та вимірювальними. Це дозволяє суттєво зменшити сумарну похибку базування між операціями та забезпечити високу точність виготовлення.

Принцип постійності баз передбачає, що на різних технологічних переходах, по можливості, застосовуються одні й ті самі бази. Це знижує ймовірність накопичення похибок при повторному встановленні заготовки та забезпечує стабільність геометричних характеристик деталі протягом усього виробничого циклу.

Використання вищезазначених принципів у проектуванні технології виготовлення черв'яка дозволяє досягти узгодженості між технічними, економічними та організаційними аспектами виробництва, що є ключовим фактором для забезпечення якості та ефективності в умовах серійного типу виготовлення.

Таблиця 7.5. – Визначення методів обробки поверхонь

Найменування поверхонь	Методи обробки	Квалітет точності	Параметр шорсткості R_a , мкм
Ø40	Точіння чорнове	h14	6,3
	Точіння чистове	h11	3.2
	Точіння остаточне	h7	2.5
Ø25	Розточування чорнове	H14	6,3
	Розточування чистове	H11	3.2
	Розточування остаточне	H8	2.5
Ø67,5	Точіння чорнове	h14	6.3

Ø48	Точіння чорнове	h14	6,3
Торці Ø45.5	Точіння чорнове	h14	6,3
Торці Ø40	Точіння чорнове	h14	6,3
M8	Свердлення	h12	6.3
	Нарізування різьблення	6g/6H	3.2
Паз 6	Фрезерування чорнове	H12	6,3

На основі розробленого маршруту обробки поверхонь розробляємо удосконалений технологічний процес механічної обробки деталі «Черв'як».

Таблиця 7.6. – Маршрутний технологічний процес механічної обробки деталі «Черв'як»

Номер операції	Найменування та зміст операції	Технологічне обладнання	Верстатний пристрій	Технологічна база
005	Токарна 1. Підрізати начорно торець Ø45 2. Розточити начорно Ø30 в р-р 90 3. Точити начорно Ø57,5 в р-р 49 4. Точити начисто Ø57,5 в р-р 49	Токарний верстат з моделі 16K20	Патрон трикулачковий	поверхня 40, торець;
010	Токарна 1. Підрізати начорно торець Ø40 2. Розточити начорно Ø25 в р-р 42 3. Розточити начисто Ø25 в р-р 42 4. Точити начорно Ø40 в р-р 42 5. Точити начисто Ø40 в р-р 42 4. Точити начорно Ø48 в р-р 2	Токарний верстат з моделі 16K20	Патрон трикулачковий	поверхня Ø67,5, торець;
015	Вертикально свердлильна 1. Свердлити Ø6,4 начорно наскрізь 2. Нарізати різьблення M8-7H	Вертикальний свердлильний верстат з моделі 2H135	Кондуктор	Ø25H8; торець
020	Фрезерна 1. Фрезерувати паз 6 в р-р 8	Горизонтально фрезерний верстат з моделі 6P82Г	Пристосування спеціальне	поверхня Ø67,5, торець;

Розрахунок і вибір міжопераційних припусків та розмірів заготовки

Міжопераційні припуски на обробку можуть задаватися за таблицями відповідно до стандартів або розраховуватись аналітично. Табличний метод є універсальним, але часто орієнтується на загальні випадки, тому призначені за ним припуски мають завищені значення, що потенційно веде до перевитрати матеріалу та збільшення трудомісткості.

Аналітичний підхід дозволяє точніше враховувати фактори, що впливають на розмір припуску: висоту мікронерівностей, дефектний шар, відхилення форми, похибки установки тощо. Розрахунок базується на визначенні мінімального необхідного шару матеріалу, який потрібно зняти для усунення похибок попереднього переходу та забезпечення точності поточного.

Проміжні розміри і розміри заготовки визначаються з урахуванням цього мінімального припуску. Метод передбачає узгодження розрахованих значень з полями допусків та вимогами нормативних документів.

Застосування аналітичного підходу дає змогу зменшити припуски у порівнянні з табличними, забезпечити більш раціональне використання матеріалу, підвищити точність обробки та рівень технологічної дисципліни.

Таблиця 7.7 – Міжопераційні припуски та розміри на поверхні деталі

Найменування поверхні	Методи обробки	Квалітет точності	Параметр шорсткості Ra, мкм	Загальний припуск, мм	Міжопераційний припуск, мм	Міжопераційний розмір з граничними відхиленнями, мм
Ø40	0. Заготовка	14	12,5	4	4	Ø44-0,62
	1. Чорнове обточування	h12	6.3		3.4	Ø40,6-0,25
	2. Чистове обточування	h10	3.2		0,4	Ø40,2-0,1
	3. Остаточне обточування	h7	2,5		0,2	Ø40-0,025
Ø25	0. Заготовка	14	12,5	4	4	Ø21+0,52
	1. Чорнове точіння	H12	6.3		3.6	Ø24.6+0.21
	2. Чистове точіння	H8	3.2		0.4	Ø25-0.033

Вибір технологічного обладнання

Підбір обладнання для обробки деталі «Черв'як» здійснюється у два етапи. Спочатку визначається тип верстата згідно з методом обробки конкретної поверхні, при цьому враховується, чи забезпечує обладнання виконання технічних вимог до точності, шорсткості й геометрії. На наступному етапі, при остаточному формуванні технологічного маршруту, обирається конкретна модель верстата з урахуванням ряду параметрів: виду обробки (токарна, фрезерна, свердлильна тощо), рівня точності та жорсткості, габаритів, потужності приводу, діапазону швидкостей обертання шпинделя, подач, а також можливості автоматизації й вартості обладнання.

У серійному виробництві, до якого належить виготовлення даної деталі, найбільш доцільним є використання універсальних або спеціалізованих верстатів з ЧПК, оснащених стандартними або спеціальними пристроями. Це дозволяє значно підвищити продуктивність, покращити умови праці, досягти стабільної якості обробки та зменшити потребу в попередній розмітці.

При врахуванні геометричних характеристик черв'яка, характеру обробки та вимог до точності, було обрано відповідні моделі обладнання з широкого переліку доступних, зокрема й іноземного виробництва. Такі верстати забезпечують високу точність за доступної вартості, що є важливою умовою для середньо-серійного виробництва. Результати вибору узагальнено у зведених таблицях, де вказано тип обладнання, основні параметри, можливості оснащення та технічні переваги.

Таблиця 7.8. – Вибір технологічного обладнання

Номер та найменування операції	Найменування моделі та код обладнання	Основна технічна характеристика	Межі частот обертання, хв-1	Межі подач	Потужність кВт
--------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------	-----------------------------	------------	----------------

005, 010 Токарна	Верстат токарний патронно-центровий 16К20	Найбільший діаметр виробу, що встановлюється над станиною 400. Найбільший діаметр виробу, що оброблюється над суппортом, мм 220. Число позицій інструментальної головки 8 Габаритні розміри 2505×1190	12,5-1600	пов-здовжня 0,05-2,8 мм/хв	11
015 Сверд лильна	Вертикально свердлильний верстат з моделі 2Н135	Найбільший умовний діаметр свердління в сталі 35 мм Робоча поверхня столу 450х500 Найбільша відстань від горня шпинделя до робочої поверхні столу 750 Найбільший хід шпинделя 250 Габаритні розміри 1030×825	31-1400	0,1-1,6	4
020	Горизонтально фрезерний верстат з моделі 6Р82Г	Розміри робочої поверхні столу 1250х320 поперечне переміщення столу 240х250 поздовжнє переміщення столу 800х800 вертикальне переміщення столу 410/420	31,5-1600	25-1250	5,5

Таблиця 7.9. – Зведена відомість верстатних пристроїв

Номер операції	Найменуван-ня операції	Найменуван-ня верстатного пристрою	Установ-чі елемен-ти прист-рою	Тип затискного механізму	Стан-дарт ДСТУ
005, 010	Токарна	Патрон трикулачковий	Кулачки	Електромеханічний	2675-80
015	Вертикально-свердлильна	Кондуктор	Палець	Пневматичний	-
020	Фрезерна	Пристосування спеціальне	Призма	Пневматичний	-

Вибір різальних інструментів

Для забезпечення необхідної точності розмірів і якості обробки поверхонь деталі «Черв'як» важливим є правильний вибір різального інструменту. Його конструкція, геометрія та матеріал повинні відповідати

типу обробки, класу точності, шорсткості поверхні, що обробляється, а також матеріалу заготовки.

Вибір інструмента проводиться з урахуванням типу операції (токарна, фрезерна, свердлильна), геометричних параметрів деталі, її матеріалу (сталь 50), виду оброблюваної поверхні та вимог до точності. Для серійного виробництва доцільно використовувати як універсальні, так і спеціальні інструменти, що дозволяє поєднати гнучкість і високу продуктивність обробки.

Усі інструменти, які застосовуються в технологічному процесі виготовлення деталі, зведено до таблиці з зазначенням типу, матеріалу, характеристик і призначення.

Таблиця 7.10. – Вибір різальних інструментів

Номер та найменування операції	Найменування різального інструменту	Матеріал різальної частини	Стандарт, код ДСТУ	Основні геометричні параметри
005 Токарна	1. Різець підрізної	T15K10	18809-73	$\varphi = 60^\circ; \alpha = 5^\circ; \gamma = 15^\circ$
	2. Різець прохідний	T15K10	20874-75	$\varphi = 93^\circ; \alpha = 8^\circ; \gamma = 10^\circ$
	3. Різець канавковий	T15K10	20874-75	$\alpha = 10^\circ; \gamma = 12^\circ; b = 3$
010 Шліфувальна	Круг шліфувальний ПП 600×40×200 24K2	24A	2424-83	$\varphi = 93^\circ; \alpha = 8^\circ; \gamma = 10^\circ$
015 Свердлильна	1. Свердло $\varnothing 6,4$	P6M5	10902-77	$2\varphi = 120^\circ$
	2. Метчик машино- ручний №2	M6x1	3266-81	
020 Фрезерна	Фреза $\varnothing 80$ b=6	P6M5	3964-69	$z = 18$

Вибір методів контролю та вимірювальних інструментів

У серійному виробництві для перевірки проміжних та кінцевих розмірів деталей використовують як універсальні, так і спеціалізовані вимірювальні прилади. Вибір конкретного інструменту залежить від кількох факторів: типу поверхні, яку необхідно перевірити, її габаритів, допустимих відхилень розміру, а також від організаційно-технічних особливостей контролю —

наприклад, чи буде контроль вибірковим або суцільним. Ці чинники впливають на те, який саме вимірювальний пристрій буде найбільш ефективним для конкретного виробничого процесу.

Таблиця 7.11. – Вибір вимірювального інструменту

Найменування операції	Розмір, що контролюється	Найменування контрольно-вимірювального інструменту	Стандарт ДСТУ
005, 010 Токарна	Ø30H14; Ø45,5h14; Ø67,5h14; Ø48h14; Ø25H8; Ø40h7;	Микрометр МК-25 Штангенциркуль ШЦЦ-I-125-0,1 Калібр-пробка 25H8 ПР-НЕ Калібр- кільце 40h7	6507-90 166-80 14810-69 14810-69
015 Свердлильна	Ø6.4H14; M12x1-7H;	ШЦЦ-II-125-0,1 Пробка M12x1-6g ПР-НЕ	166-80 17763-72
020 Фрезерна	6 8	ШЦЦ-II-125-0,1	166-80

Визначення режимів різання і технічних норм часу

Операція 005. Токарна.

Перехід 1: Підрізати торець D45. 5 в розмір 134

Глибина різання визначається за формулою: $t = Z = 2 \text{ мм}$

За нормативними таблицями визначаємо подачу, яка знаходиться в інтервалі (0, 6...1, 2) . Погодивши з паспортними даними токарного верстата 16К20, приймаємо $S_B = 0.8 \text{ мм/об.}$

Швидкість різання визначається за формулою:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v,$$

де коефіцієнти $C_v = 350$; $m = 0.2$; $x = 0.15$; $y = 0.45$ вибираємо із таблиць.

T – середнє значення періоду стійкості різця (можна приймати в межах 60...90 хв для різців із швидкорізальної сталі і 90...120 хв для різців із твердосплавною різальною пластинкою) . Приймаємо $T = 90 \text{ хв.}$

Знаходимо поправочний коефіцієнт для заданого матеріалу

$n_v = 1$ - показник степені, який враховує групу сталі по оброблюваності;

$K_r = 1$ - коефіцієнт, який враховує групу сталі по оброблюваності;

$$K_{Mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \rightarrow \left(\frac{750}{530} \right) = 1.415 ;$$

$K_{Pv} = 0.9$ - коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки на швидкість різання;

$K_{Uv} = 0.35$ - коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу інструменту на швидкість різання.

Отримаємо $K_v = K_{Mv} \cdot K_{Pv} \cdot K_{Uv} \rightarrow 1.415 \cdot 0.9 \cdot 0.35 = 0.446$.

$$\text{Тоді } v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S_B^y} \cdot K_v \rightarrow \frac{350}{90^{0.2} \cdot 2^{0.15} \cdot 0.8^{0.45}} \cdot 0.446 = 63.208 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата

$$n_p = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D_{\text{заг}}} \rightarrow \frac{1 \times 10^3 \cdot 63.208}{\pi \cdot 45.5} = 442.19 \text{ хв}^{-1} ,$$

де: $D_{\text{заг}}$ – діаметр оброблюваної поверхні, мм.

Розрахункова кількість обертів корегується за паспортними даними верстата.

Із ряду обертів шпинделя верстата вибираємо ближче менше значення

$$n_B = 400 \text{ хв}^{-1} .$$

За прийнятним значенням n_B визначаємо фактичну швидкість різання.

$$v_{\text{ф}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{заг}} \cdot n_B}{1000} \rightarrow \frac{\pi \cdot 45.5 \cdot 400}{1 \times 10^3} = 57.177 \text{ хв}^{-1} .$$

Визначаємо розрахункову довжину різання поверхонь

$$L = l_0 + l_1 + l_2 + l_3 ,$$

де $l_0 = 22$ мм - шлях різання;

$l_1 = 2$ мм - довжина підводу ріжучого інструменту до поверхні деталі яка обробляється;

l_2, l_3 - шлях врізання і перебігу; $l_2 = 0$; $l_3 = 0$.

$$L = l_0 + l_1 + l_2 + l_3 \rightarrow 22 + 2 + 0 + 0 = 24 \text{ мм.}$$

Основний час переходу

$$t_{01} = \frac{L}{n_B \cdot S_B} \rightarrow \frac{24}{400 \cdot 0.8} = 0.075 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_{\text{доп}} = t_{\text{вст}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{зм}} + t_{\text{к}}$$

Де: $t_{\text{вст}} = 0.40 \text{ хв}$ – час на встановлення, затискання та зняття деталі в центрах з хомутиком та вагою 8 кг;

$t_{\text{пер}} = 0.11 \text{ хв}$ – час, пов'язаний з переходом з установленням різця по лімбу з точність $\leq 0,2$ мм та автоматичному переміщенні супорта і 200 мм висотою центрів;

$t_{\text{зм}} = 0.06 + 0.05 = 0.11 \text{ хв}$ – час, що необхідний для зміни режимів роботи верстата, та на зміну різального інструмента;

$t_{\text{к}} = 0.13 \text{ хв}$ – час, що необхідний для зміни режимів роботи верстата, та на зміну різального інструмента

Отримаємо

$$t_{\text{доп1}} = t_{\text{вст}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{зм}} + t_{\text{к}} \rightarrow 0.4 + 0.11 + 0.11 + 0.13 = 0.75 \text{ хв.}$$

Операція 005. Токарна.

Перехід 2: Розточити поверхню D30 начорно в розмір 90

Глибина різання визначається за формулою: $t = Z = 2 \text{ мм}$

За нормативними таблицями визначаємо подачу, яка знаходиться в інтервалі (0, 6...1, 2) . Погодивши з паспортними даними токарного верстата 16К20, приймаємо $S_B = 0.8 \text{ мм/об}$.

Швидкість різання визначається за формулою:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v,$$

де коефіцієнти $C_v = 350$; $m = 0.2$; $x = 0.15$; $y = 0.45$ вибираємо із таблиць.

T – середнє значення періоду стійкості різця (можна приймати в межах 60...90 хв для різців із швидкорізальної сталі і 90...120 хв для різців із твердосплавною різальною пластинкою). Приймаємо $T = 90$ хв.

Знаходимо поправочний коефіцієнт для заданого матеріалу

$n_v = 1$ - показник степені, який враховує групу сталі по оброблюваності;

$K_r = 1$ - коефіцієнт, який враховує групу сталі по оброблюваності;

$$K_{Mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \rightarrow \left(\frac{750}{530} \right) = 1.415 ;$$

$K_{Pv} = 0.9$ - коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки на швидкість різання;

$K_{Uv} = 0.35$ - коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу інструменту на швидкість різання.

Отримаємо $K_v = K_{Mv} \cdot K_{Pv} \cdot K_{Uv} \rightarrow 1.415 \cdot 0.9 \cdot 0.35 = 0.446$.

$$\text{Тоді } v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S_B^y} \cdot K_v \rightarrow \frac{350}{90^{0.2} \cdot 2^{0.15} \cdot 0.8^{0.45}} \cdot 0.446 = 63.208 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата

$$n_p = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D_{заг}} \rightarrow \frac{1 \times 10^3 \cdot 63.208}{\pi \cdot 30} = 670.655 \text{ хв}^{-1} ,$$

де: $D_{заг}$ – діаметр оброблюваної поверхні, мм.

Розрахункова кількість обертів корегується за паспортними даними верстата.

Із ряду обертів шпинделя верстата вибираємо ближче менше значення

$$n_B = 630 \text{ хв}^{-1} .$$

За прийнятим значенням n_B визначаємо фактичну швидкість різання.

$$v_{\phi} = \frac{\pi \cdot D_{заг} \cdot n_B}{1000} \rightarrow \frac{\pi \cdot 30 \cdot 630}{1 \times 10^3} = 59.376 \text{ хв}^{-1} .$$

Визначаємо розрахункову довжину різання поверхонь

$$L = l_0 + l_1 + l_2 + l_3,$$

де $l_0 = 90$ мм - шлях різання;

$l_1 = 2$ мм - довжина підводу ріжучого інструменту до поверхні деталі яка обробляється;

l_2, l_3 - шлях врізання і перебігу; $l_2 = 0$; $l_3 = 0$.

$$L = l_0 + l_1 + l_2 + l_3 \rightarrow 90 + 2 + 0 + 0 = 92 \text{ мм.}$$

Основний час переходу

$$t_{02} = \frac{L}{n_B \cdot S_B} \rightarrow \frac{92}{630 \cdot 0.8} = 0.183 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_{\text{доп}} = t_{\text{вст}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{зм}} + t_{\text{к}},$$

де: $t_{\text{вст}} = 0$ хв – деталь вже закріплена;

$t_{\text{пер}} = 0.11$ хв – час, пов'язаний з переходом з установленням різця по лімбу з точність $\leq 0,2$ мм та автоматичному переміщенні супорта і 200 мм висотою центрів;

$t_{\text{зм}} = 0.06 + 0.05 = 0.11$ хв – час, що необхідний для зміни режимів роботи верстата, та на зміну різального інструмента;

$t_{\text{к}} = 0.13$ хв – час, що необхідний для зміни режимів роботи верстата, та на зміну різального інструмента

Отримаємо

$$t_{\text{доп}2} = t_{\text{вст}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{зм}} + t_{\text{к}} \rightarrow 0 + 0.11 + 0.11 + 0.13 = 0.35 \text{ хв.}$$

Операція 005. Токарна.

Перехід 3: Обточити поверхню D45, 5 начорно в розмір 70

Глибина різання визначається за формулою: $t = Z = 2$ мм

За нормативними таблицями визначаємо подачу, яка знаходиться в інтервалі (0, 6...1, 2) . Погодивши з паспортними даними токарного верстата 16К20, приймаємо $S_B = 0.8$ мм/об.

Швидкість різання визначається за формулою:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v,$$

де коефіцієнти $C_v = 350$; $m = 0.2$; $x = 0.15$; $y = 0.45$ вибираємо із таблиць.

T – середнє значення періоду стійкості різця (можна приймати в межах 60...90 хв для різців із швидкорізальної сталі і 90...120 хв для різців із твёрдосплавною різальною пластинкою). Приймаємо $T = 90$ хв.

Знаходимо поправочний коефіцієнт для заданого матеріалу

$n_v = 1$ - показник степені, який враховує групу сталі по оброблюваності;

$K_r = 1$ - коефіцієнт, який враховує групу сталі по оброблюваності;

$$K_{Mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \rightarrow \left(\frac{750}{530} \right) = 1.415 ;$$

$K_{Pv} = 0.9$ - коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки на швидкість різання;

$K_{Uv} = 0.35$ - коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу інструменту на швидкість різання.

Отримаємо $K_v = K_{Mv} \cdot K_{Pv} \cdot K_{Uv} \rightarrow 1.415 \cdot 0.9 \cdot 0.35 = 0.446$.

$$\text{Тоді } v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S_B^y} \cdot K_v \rightarrow \frac{350}{90^{0.2} \cdot 0.2^{0.15} \cdot 0.8^{0.45}} \cdot 0.446 = 63.208 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата

$$n_p = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D_{заг}} \rightarrow \frac{1 \times 10^3 \cdot 63.208}{\pi \cdot 45.5} = 442.19 \text{ хв}^{-1} ,$$

де: $D_{заг}$ – діаметр оброблюваної поверхні, мм.

Розрахункова кількість обертів корегується за паспортними даними верстата.

Із ряду обертів шпинделя верстата вибираємо ближче менше значення

$$n_B = 400 \text{ хв}^{-1} .$$

За прийнятним значенням n_B визначаємо фактичну швидкість різання.

$$v_{\phi} = \frac{\pi \cdot D_{\text{заг}} \cdot n_{\text{в}}}{1000} \rightarrow \frac{\pi \cdot 45.5 \cdot 400}{1 \times 10^3} = 57.177 \text{ хв}^{-1}.$$

Визначаємо розрахункову довжину різання поверхонь

$$L = l_0 + l_1 + l_2 + l_3,$$

де $l_0 = 70$ мм - шлях різання;

$l_1 = 2$ мм - довжина підводу ріжучого інструменту до поверхні деталі яка обробляється;

l_2, l_3 - шлях врізання і перебігу; $l_2 = 0$; $l_3 = 0$.

$$L = l_0 + l_1 + l_2 + l_3 \rightarrow 70 + 2 + 0 + 0 = 72 \text{ мм}.$$

Основний час переходу

$$t_{03} = \frac{L}{n_{\text{в}} \cdot S_{\text{в}}} \rightarrow \frac{72}{400 \cdot 0.8} = 0.225 \text{ хв}.$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_{\text{доп}} = t_{\text{вст}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{зм}} + t_{\text{к}},$$

де: $t_{\text{вст}} = 0$ хв – деталь вже закріплена;

$t_{\text{пер}} = 0.11$ хв – час, пов'язаний з переходом з установленням різця по лімбу з точність $\leq 0,2$ мм та автоматичному переміщенні супорта і 200 мм висотою центрів;

$t_{\text{зм}} = 0.06 + 0.05 = 0.11$ хв – час, що необхідний для зміни режимів роботи верстата, та на зміну різального інструмента;

$t_{\text{к}} = 0.13$ хв – час, що необхідний для зміни режимів роботи верстата, та на зміну різального інструмента

Отримаємо

$$t_{\text{доп3}} = t_{\text{вст}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{зм}} + t_{\text{к}} \rightarrow 0 + 0.11 + 0.11 + 0.13 = 0.35 \text{ хв}.$$

Операція 005. Токарна.

Перехід 4: Обточити поверхню D67. 5 начорно в розмір 49

Глибина різання визначається за формулою: $t = Z = 2$ мм

За нормативними таблицями визначаємо подачу, яка знаходиться в інтервалі (0, 6...1, 2) . Погодивши з паспортними даними токарного верстата 16К20, приймаємо $S_B = 0.8$ мм/об.

Швидкість різання визначається за формулою:

$$v = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V,$$

де коефіцієнти $C_V = 350$; $m = 0.2$; $x = 0.15$; $y = 0.45$ вибираємо із таблиць.

T – середнє значення періоду стійкості різця (можна приймати в межах 60...90 хв для різців із швидкорізальної сталі і 90...120 хв для різців із твердосплавною різальною пластинкою) . Приймаємо $T = 90$ хв.

Знаходимо поправочний коефіцієнт для заданого матеріалу

$n_V = 1$ - показник степені, який враховує групу сталі по оброблюваності;

$K_r = 1$ - коефіцієнт, який враховує групу сталі по оброблюваності;

$$K_{M_V} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} \rightarrow \left(\frac{750}{530} \right) = 1.415 ;$$

$K_{P_V} = 0.9$ - коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки на швидкість різання;

$K_{U_V} = 0.35$ - коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу інструменту на швидкість різання.

Отримаємо $K_V = K_{M_V} \cdot K_{P_V} \cdot K_{U_V} \rightarrow 1.415 \cdot 0.9 \cdot 0.35 = 0.446$.

$$\text{Тоді } v = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V \rightarrow \frac{350}{90^{0.2} \cdot 2^{0.15} \cdot 0.8^{0.45}} \cdot 0.446 = 63.208 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата

$$n_p = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D_{\text{заг}}} \rightarrow \frac{1 \times 10^3 \cdot 63.208}{\pi \cdot 67.5} = 298.069 \text{ хв}^{-1} ,$$

де: $D_{\text{заг}}$ – діаметр оброблюваної поверхні, мм.

Розрахункова кількість обертів корегується за паспортними даними верстата.

Із ряду обертів шпинделя верстата вибираємо ближче менше значення

$$n_B = 250 \text{ хв}^{-1}.$$

За прийнятим значенням n_B визначаємо фактичну швидкість різання.

$$v_{\phi} = \frac{\pi \cdot D_{\text{заг}} \cdot n_B}{1000} \rightarrow \frac{\pi \cdot 67.5 \cdot 250}{1 \times 10^3} = 53.014 \text{ хв}^{-1}.$$

Визначаємо розрахункову довжину різання поверхонь

$$L = l_0 + l_1 + l_2 + l_3,$$

де $l_0 = 49$ мм - шлях різання;

$l_1 = 2$ мм - довжина підводу ріжучого інструменту до поверхні деталі яка обробляється;

l_2, l_3 - шлях врізання і перебігу; $l_2 = 0$; $l_3 = 0$.

$$L = l_0 + l_1 + l_2 + l_3 \rightarrow 49 + 2 + 0 + 0 = 51 \text{ мм}.$$

Основний час переходу

$$t_{04} = \frac{L}{n_B \cdot S_B} \rightarrow \frac{51}{250 \cdot 0.8} = 0.255 \text{ хв}.$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_{\text{доп}} = t_{\text{вст}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{зм}} + t_{\text{к}},$$

де: $t_{\text{вст}} = 0$ хв – деталь вже закріплена;

$t_{\text{пер}} = 0.11$ хв – час, пов'язаний з переходом з установленням різця по лімбу з точність $\leq 0,2$ мм та автоматичному переміщенні супорта і 200 мм висотою центрів;

$t_{\text{зм}} = 0.06 + 0.05 = 0.11$ хв – час, що необхідний для зміни режимів роботи верстата, та на зміну різального інструмента;

$t_{\text{к}} = 0.13$ хв – час, що необхідний для зміни режимів роботи верстата, та на зміну різального інструмента

Отримаємо

$$t_{\text{доп4}} = t_{\text{вст}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{зм}} + t_{\text{к}} \rightarrow 0 + 0.11 + 0.11 + 0.13 = 0.35 \text{ хв.}$$

Операція 005. Токарна.

Перехід 5: Обточити канавку червяка D57, 5 начорно в розмір 49

Глибина різання визначається за формулою: $t = Z = 2 \text{ мм}$

Число проходів $i = 8$

За нормативними таблицями визначаємо подачу, яка знаходиться в інтервалі (0, 6...1, 2) . Погодивши з паспортними даними токарного верстата 16К20, приймаємо $S_B = 0.8 \text{ мм/об.}$

Швидкість різання визначається за формулою:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v,$$

де коефіцієнти $C_v = 350$; $m = 0.2$; $x = 0.15$; $y = 0.45$ вибираємо із таблиць.

T – середнє значення періоду стійкості різця (можна приймати в межах 60...90 хв для різців із швидкорізальної сталі і 90...120 хв для різців із твёрдосплавною різальною пластинкою) . Приймаємо $T = 90 \text{ хв.}$

Знаходимо поправочний коефіцієнт для заданого матеріалу

$n_v = 1$ - показник степені, який враховує групу сталі по оброблюваності;

$K_r = 1$ - коефіцієнт, який враховує групу сталі по оброблюваності;

$$K_{Mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \rightarrow \left(\frac{750}{530} \right) = 1.415 ;$$

$K_{Pv} = 0.9$ - коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки на швидкість різання;

$K_{Uv} = 0.35$ - коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу інструменту на швидкість різання.

Отримаємо $K_v = K_{Mv} \cdot K_{Pv} \cdot K_{Uv} \rightarrow 1.415 \cdot 0.9 \cdot 0.35 = 0.446$.

$$\text{Тоді } v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \rightarrow \frac{350}{90^{0.2} \cdot 2^{0.15} \cdot 0.8^{0.45}} \cdot 0.446 = 63.208 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата

$$n_p = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D_{\text{заг}}} \rightarrow \frac{1 \times 10^3 \cdot 63.208}{\pi \cdot 57.5} = 349.907 \text{ хв}^{-1},$$

де: $D_{\text{заг}}$ – діаметр оброблюваної поверхні, мм.

Розрахункова кількість обертів корегується за паспортними даними верстата.

Із ряду обертів шпинделя верстата вибираємо ближче менше значення

$$n_B = 250 \text{ хв}^{-1}.$$

За прийнятим значенням n_B визначаємо фактичну швидкість різання.

$$v_{\phi} = \frac{\pi \cdot D_{\text{заг}} \cdot n_B}{1000} \rightarrow \frac{\pi \cdot 57.5 \cdot 250}{1 \times 10^3} = 45.16 \text{ хв}^{-1}.$$

Визначаємо розрахункову довжину різання поверхонь

$$L = l_0 + l_1 + l_2 + l_3,$$

де $l_0 = 49$ мм - шлях різання;

$l_1 = 2$ мм - довжина підводу ріжучого інструменту до поверхні деталі яка обробляється;

l_2, l_3 - шлях врізання і перебігу; $l_2 = 0$; $l_3 = 0$.

$$L = l_0 + l_1 + l_2 + l_3 \rightarrow 49 + 2 + 0 + 0 = 51 \text{ мм.}$$

Основний час переходу

$$t_{05} = \frac{i \cdot L}{n_B \cdot S_B} \rightarrow \frac{8 \cdot 51}{250 \cdot 0.8} = 2.04 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_{\text{доп}} = t_{\text{вст}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{зм}} + t_{\text{к}},$$

де: $t_{\text{вст}} = 0$ хв – деталь вже закріплена;

$t_{\text{пер}} = 0.11$ хв – час, пов'язаний з переходом з установленням різця по лімбу з точність $\leq 0,2$ мм та автоматичному переміщенні супорта і 200 мм висотою центрів;

$t_{\text{зм}} = 0.06 + 0.05 = 0.11$ хв – час, що необхідний для зміни режимів роботи верстата, та на зміну різального інструмента;

$t_k = 0.13 \text{ хв}$ – час, що необхідний для зміни режимів роботи верстата, та на зміну різального інструмента

Отримаємо

$$t_{\text{доп5}} = t_{\text{вст}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{зм}} + t_k \rightarrow 0 + 0.11 + 0.11 + 0.13 = 0.35 \text{ хв.}$$

Операція 010. Токарна.

Перехід 1: Підрізати торець D40 в розмір 132

Глибина різання визначається за формулою: $t = Z = 2 \text{ мм}$

За нормативними таблицями визначаємо подачу, яка знаходиться в інтервалі (0, 6...1, 2). Погодивши з паспортними даними токарного верстата 16К20, приймаємо $S_B = 0.8 \text{ мм/об.}$

Швидкість різання визначається за формулою:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v,$$

де коефіцієнти $C_v = 350$; $m = 0.2$; $x = 0.15$; $y = 0.45$ вибираємо із таблиць.

T – середнє значення періоду стійкості різця (можна приймати в межах 60...90 хв для різців із швидкорізальної сталі і 90...120 хв для різців із твердосплавною різальною пластинкою). Приймаємо $T = 90 \text{ хв.}$

Знаходимо поправочний коефіцієнт для заданого матеріалу

$n_v = 1$ - показник степені, який враховує групу сталі по оброблюваності;

$K_r = 1$ - коефіцієнт, який враховує групу сталі по оброблюваності;

$$K_{Mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \rightarrow \left(\frac{750}{530} \right) = 1.415 ;$$

$K_{Pv} = 0.9$ - коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки на швидкість різання;

$K_{Uv} = 0.35$ - коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу інструменту на швидкість різання.

Отримаємо $K_v = K_{Mv} \cdot K_{Pv} \cdot K_{Uv} \rightarrow 1.415 \cdot 0.9 \cdot 0.35 = 0.446$.

$$\text{Тоді } v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S_B^y} \cdot K_v \rightarrow \frac{350}{90^{0.2} \cdot 2^{0.15} \cdot 0.8^{0.45}} \cdot 0.446 = 63.208 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата

$$n_p = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D_{\text{заг}}} \rightarrow \frac{1 \times 10^3 \cdot 63.208}{\pi \cdot 40} = 502.991 \text{ хв}^{-1} ,$$

де: $D_{\text{заг}}$ – діаметр оброблюваної поверхні, мм.

Розрахункова кількість обертів корегується за паспортними даними верстата.

Із ряду обертів шпинделя верстата вибираємо ближче менше значення

$$n_B = 500 \text{ хв}^{-1} .$$

За прийнятим значенням n_B визначаємо фактичну швидкість різання.

$$v_{\phi} = \frac{\pi \cdot D_{\text{заг}} \cdot n_B}{1000} \rightarrow \frac{\pi \cdot 40 \cdot 500}{1 \times 10^3} = 62.832 \text{ хв}^{-1} .$$

Визначаємо розрахункову довжину різання поверхонь

$$L = l_0 + l_1 + l_2 + l_3 ,$$

де $l_0 = 20$ мм - шлях різання;

$l_1 = 2$ мм - довжина підводу ріжучого інструменту до поверхні деталі яка обробляється;

l_2, l_3 - шлях врізання і перебігу; $l_2 = 0$; $l_3 = 0$.

$$L = l_0 + l_1 + l_2 + l_3 \rightarrow 20 + 2 + 0 + 0 = 22 \text{ мм.}$$

Основний час переходу

$$t_{06} = \frac{L}{n_B \cdot S_B} \rightarrow \frac{22}{500 \cdot 0.8} = 0.055 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_{\text{доп}} = t_{\text{вст}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{зм}} + t_{\text{к}}$$

де: $t_{\text{вст}} = 0.40$ хв – час на встановлення, затискання та зняття деталі в центрах з хомутиком та вагою 8 кг;

$t_{\text{пер}} = 0.11 \text{ хв} - \text{час, пов'язаний з переходом з установленням різця по лімбу з точність } \leq 0,2 \text{ мм та автоматичному переміщенні супорта і } 200 \text{ мм висотою центрів;}$

$t_{\text{зм}} = 0.06 + 0.05 = 0.11 \text{ хв} - \text{час, що необхідний для зміни режимів роботи верстата, та на зміну різального інструмента;}$

$t_{\text{к}} = 0.13 \text{ хв} - \text{час, що необхідний для зміни режимів роботи верстата, та на зміну різального інструмента}$

Отримаємо

$$t_{\text{допб}} = t_{\text{вст}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{зм}} + t_{\text{к}} \rightarrow 0.4 + 0.11 + 0.11 + 0.13 = 0.75 \text{ хв.}$$

Операція 005. Токарна.

Перехід 2: Розточити поверхню D25 начорно в розмір 42

Глибина різання визначається за формулою: $t = Z = 1,8 \text{ мм}$

За нормативними таблицями визначаємо подачу, яка знаходиться в інтервалі (0, 6...1, 2) . Погодивши з паспортними даними токарного верстата 16К20, приймаємо $S_B = 0.8 \text{ мм/об.}$

Швидкість різання визначається за формулою:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v,$$

де коефіцієнти $C_v = 350$; $m = 0.2$; $x = 0.15$; $y = 0.45$ вибираємо із таблиць.

T – середнє значення періоду стійкості різця (можна приймати в межах 60...90 хв для різців із швидкорізальної сталі і 90...120 хв для різців із твердосплавною різальною пластинкою) . Приймаємо $t = 90 \text{ хв.}$

Знаходимо поправочний коефіцієнт для заданого матеріалу

$n_v = 1$ - показник степені, який враховує групу сталі по оброблюваності;

$K_r = 1$ - коефіцієнт, який враховує групу сталі по оброблюваності;

$$K_{Mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \rightarrow \left(\frac{750}{530} \right) = 1.415 ;$$

$K_{Pv} = 0.9$ - коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки на швидкість різання;

$K_{Uv} = 0.35$ - коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу інструменту на швидкість різання.

Отримаємо $K_v = K_{Mv} \cdot K_{Pv} \cdot K_{Uv} \rightarrow 1.415 \cdot 0.9 \cdot 0.35 = 0.446$.

$$\text{Тоді } v = \frac{C_v}{T^m \cdot f^x \cdot S_B^y} \cdot K_v \rightarrow \frac{350}{90^{0.2} \cdot 1.8^{0.15} \cdot 0.8^{0.45}} \cdot 0.446 = 64.215 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата

$$n_p = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D_{заг}} \rightarrow \frac{1 \times 10^3 \cdot 64.215}{\pi \cdot 30} = 681.339 \text{ хв}^{-1} ,$$

де: $D_{заг}$ – діаметр оброблюваної поверхні, мм.

Розрахункова кількість обертів корегується за паспортними даними верстата.

Із ряду обертів шпинделя верстата вибираємо ближче менше значення

$$n_B = 630 \text{ хв}^{-1} .$$

За прийнятим значенням n_B визначаємо фактичну швидкість різання.

$$v_{\phi} = \frac{\pi \cdot D_{заг} \cdot n_B}{1000} \rightarrow \frac{\pi \cdot 30 \cdot 630}{1 \times 10^3} = 59.376 \text{ хв}^{-1} .$$

Визначаємо розрахункову довжину різання поверхонь

$$L = l_0 + l_1 + l_2 + l_3,$$

де $l_0 = 42$ мм - шлях різання;

$l_1 = 2$ мм - довжина підводу ріжучого інструменту до поверхні деталі яка обробляється;

l_2, l_3 - шлях врізання і перебігу; $l_2 = 0$; $l_3 = 0$.

$$L = l_0 + l_1 + l_2 + l_3 \rightarrow 42 + 2 + 0 + 0 = 44 \text{ мм.}$$

Основний час переходу

$$t_{07} = \frac{L}{n_B \cdot S_B} \rightarrow \frac{44}{630 \cdot 0.8} = 0.087 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_{\text{доп}} = t_{\text{вст}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{зм}} + t_{\text{к}}$$

де: $t_{\text{вст}} = 0 \text{ хв}$ – деталь вже закріплена;

$t_{\text{пер}} = 0.11 \text{ хв}$ – час, пов'язаний з переходом з установленням різця по лімбу з точністю $\leq 0,2 \text{ мм}$ та автоматичному переміщенні супорта і 200 мм висотою центрів;

$t_{\text{зм}} = 0.06 + 0.05 = 0.11 \text{ хв}$ – час, що необхідний для зміни режимів роботи верстата, та на зміну різального інструмента;

$t_{\text{к}} = 0.13 \text{ хв}$ – час, що необхідний для зміни режимів роботи верстата, та на зміну різального інструмента

Отримаємо

$$t_{\text{доп}7} = t_{\text{вст}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{зм}} + t_{\text{к}} \rightarrow 0 + 0.11 + 0.11 + 0.13 = 0.35 \text{ хв.}$$

Операція 010. Токарна.

Перехід 3: Розточити поверхню D25 начисто в розмір 42

Глибина різання визначається за формулою: $t = Z = 0.2 \text{ мм}$

За нормативними таблицями визначаємо подачу, яка знаходиться в інтервалі (0, 6...1, 2) . Погодивши з паспортними даними токарного верстата 16К20, приймаємо $S_B = 0.8 \text{ мм/об.}$

Швидкість різання визначається за формулою:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v,$$

де коефіцієнти $C_v = 350$; $m = 0.2$; $x = 0.15$; $y = 0.45$ вибираємо із таблиць.

T – середнє значення періоду стійкості різця (можна приймати в межах 60...90 хв для різців із швидкорізальної сталі і 90...120 хв для різців із твёрдосплавною різальною пластинкою) . Приймаємо $T = 90 \text{ хв.}$

Знаходимо поправочний коефіцієнт для заданого матеріалу

$n_v = 1$ - показник степені, який враховує групу сталі по оброблюваності;

$K_r = 1$ - коефіцієнт, який враховує групу сталі по оброблюваності;

$$K_{Mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \rightarrow \left(\frac{750}{530} \right) = 1.415 ;$$

$K_{Pv} = 0.9$ - коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки на швидкість різання;

$K_{Uv} = 0.35$ - коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу інструменту на швидкість різання.

Отримаємо $K_v = K_{Mv} \cdot K_{Pv} \cdot K_{Uv} \rightarrow 1.415 \cdot 0.9 \cdot 0.35 = 0.446$.

$$\text{Тоді } v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S_B^y} \cdot K_v \rightarrow \frac{350}{90^{0.2} \cdot 0.2^{0.15} \cdot 0.8^{0.45}} \cdot 0.446 = 89.283 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата

$$n_p = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D_{\text{заг}}} \rightarrow \frac{1 \times 10^3 \cdot 89.283}{\pi \cdot 25} = 1.137 \times 10^3 \text{ хв}^{-1} ,$$

де: $D_{\text{заг}}$ – діаметр оброблюваної поверхні, мм.

Розрахункова кількість обертів корегується за паспортними даними верстата.

Із ряду обертів шпинделя верстата вибираємо ближче менше значення

$$n_B = 1000 \text{ хв}^{-1} .$$

За прийнятним значенням n_B визначаємо фактичну швидкість різання.

$$v_{\text{ф}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{заг}} \cdot n_B}{1000} \rightarrow \frac{\pi \cdot 25 \cdot 1 \times 10^3}{1 \times 10^3} = 78.54 \text{ хв}^{-1} .$$

Визначаємо розрахункову довжину різання поверхонь

$$L = l_0 + l_1 + l_2 + l_3,$$

де $l_0 = 42$ мм - шлях різання;

$l_1 = 2$ мм - довжина підводу ріжучого інструменту до поверхні деталі яка обробляється;

l_2, l_3 - шлях врізання і перебігу; $l_2 = 0$; $l_3 = 0$.

$$L = l_0 + l_1 + l_2 + l_3 \rightarrow 42 + 2 + 0 + 0 = 44 \text{ мм.}$$

Основний час переходу

$$t_{08} = \frac{L}{n_B \cdot S_B} \rightarrow \frac{44}{1 \times 10^3 \cdot 0.8} = 0.055 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_{\text{доп}} = t_{\text{вст}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{зм}} + t_{\text{к}}$$

де: $t_{\text{вст}} = 0$ хв – деталь вже закріплена;

$t_{\text{пер}} = 0.11$ хв – час, пов'язаний з переходом з установленням різця по лімбу з точністю $\leq 0,2$ мм та автоматичному переміщенні супорта і 200 мм висотою центрів;

$t_{\text{зм}} = 0.06 + 0.05 = 0.11$ хв – час, що необхідний для зміни режимів роботи верстата, та на зміну різального інструмента;

$t_{\text{к}} = 0.13$ хв – час, що необхідний для зміни режимів роботи верстата, та на зміну різального інструмента

Отримаємо

$$t_{\text{доп}8} = t_{\text{вст}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{зм}} + t_{\text{к}} \rightarrow 0 + 0.11 + 0.11 + 0.13 = 0.35 \text{ хв.}$$

Операція 010. Токарна.

Перехід 4: Обточити поверхню D40 начорно в розмір 42

Глибина різання визначається за формулою: $t = Z = 1.6$ мм

За нормативними таблицями визначаємо подачу, яка знаходиться в інтервалі (0, 6...1, 2) . Погодивши з паспортними даними токарного верстата 16К20, приймаємо $S_B = 0.8$ мм/об.

Швидкість різання визначається за формулою:

$$v = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V,$$

де коефіцієнти $C_V = 350$; $m = 0.2$; $x = 0.15$; $y = 0.45$ вибираємо із таблиць.

T – середнє значення періоду стійкості різця (можна приймати в межах 60...90 хв для різців із швидкорізальної сталі і 90...120 хв для різців із твердосплавною різальною пластинкою). Приймаємо $T = 90$ хв.

Знаходимо поправочний коефіцієнт для заданого матеріалу

$n_v = 1$ - показник степені, який враховує групу сталі по оброблюваності;

$K_r = 1$ - коефіцієнт, який враховує групу сталі по оброблюваності;

$$K_{Mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \rightarrow \left(\frac{750}{530} \right) = 1.415 ;$$

$K_{Pv} = 0.9$ - коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки на швидкість різання;

$K_{Uv} = 0.35$ - коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу інструменту на швидкість різання.

Отримаємо $K_v = K_{Mv} \cdot K_{Pv} \cdot K_{Uv} \rightarrow 1.415 \cdot 0.9 \cdot 0.35 = 0.446$.

$$\text{Тоді } v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S_B^y} \cdot K_v \rightarrow \frac{350}{90^{0.2} \cdot 1.6^{0.15} \cdot 0.8^{0.45}} \cdot 0.446 = 65.359 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата

$$n_p = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D_{\text{заг}}} \rightarrow \frac{1 \times 10^3 \cdot 65.359}{\pi \cdot 40} = 520.112 \text{ хв}^{-1} ,$$

де: $D_{\text{заг}}$ – діаметр оброблюваної поверхні, мм.

Розрахункова кількість обертів корегується за паспортними даними верстата.

Із ряду обертів шпинделя верстата вибираємо ближче менше значення

$$n_B = 500 \text{ хв}^{-1} .$$

За прийнятним значенням n_B визначаємо фактичну швидкість різання.

$$v_{\text{ф}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{заг}} \cdot n_B}{1000} \rightarrow \frac{\pi \cdot 40 \cdot 500}{1 \times 10^3} = 62.832 \text{ хв}^{-1} .$$

Визначаємо розрахункову довжину різання поверхонь

$$L = l_0 + l_1 + l_2 + l_3,$$

де $l_0 = 42$ мм - шлях різання;

$l_1 = 2$ мм - довжина підводу ріжучого інструменту до поверхні деталі яка обробляється;

l_2, l_3 - шлях врізання і перебігу; $l_2 = 0$; $l_3 = 0$.

$$L = l_0 + l_1 + l_2 + l_3 \rightarrow 42 + 2 + 0 + 0 = 44 \text{ мм.}$$

Основний час переходу

$$t_{09} = \frac{L}{n_B \cdot S_B} \rightarrow \frac{44}{500 \cdot 0.8} = 0.11 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_{\text{доп}} = t_{\text{вст}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{зм}} + t_{\text{к}}$$

де: $t_{\text{вст}} = 0$ хв – деталь вже закріплена;

$t_{\text{пер}} = 0.11$ хв – час, пов'язаний з переходом з установленням різця по лімбу з точність $\leq 0,2$ мм та автоматичному переміщенні супорта і 200 мм висотою центрів;

$t_{\text{зм}} = 0.06 + 0.05 = 0.11$ хв – час, що необхідний для зміни режимів роботи верстата, та на зміну різального інструмента;

$t_{\text{к}} = 0.13$ хв – час, що необхідний для зміни режимів роботи верстата, та на зміну різального інструмента

Отримаємо

$$t_{\text{доп}9} = t_{\text{вст}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{зм}} + t_{\text{к}} \rightarrow 0 + 0.11 + 0.11 + 0.13 = 0.35 \text{ хв.}$$

Операція 010. Токарна.

Перехід 5: Обточити поверхню D40 начисто в розмір 42

Глибина різання визначається за формулою: $t = Z = 0.2$ мм

За нормативними таблицями визначаємо подачу, яка знаходиться в інтервалі (0, 6...1, 2) . Погодивши з паспортними даними токарного верстата 16К20, приймаємо $S_B = 0.8$ мм/об.

Швидкість різання визначається за формулою:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v,$$

де коефіцієнти $C_v = 350$; $m = 0.2$; $x = 0.15$; $y = 0.45$ вибираємо із таблиць.

T – середнє значення періоду стійкості різця (можна приймати в межах 60...90 хв для різців із швидкорізальної сталі і 90...120 хв для різців із твердосплавною різальною пластинкою). Приймаємо $T = 90$ хв.

Знаходимо поправочний коефіцієнт для заданого матеріалу

$n_v = 1$ - показник степені, який враховує групу сталі по оброблюваності;

$K_r = 1$ - коефіцієнт, який враховує групу сталі по оброблюваності;

$$K_{Mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \rightarrow \left(\frac{750}{530} \right) = 1.415 ;$$

$K_{pV} = 0.9$ - коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки на швидкість різання;

$K_{UV} = 0.35$ - коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу інструменту на швидкість різання.

Отримаємо $K_v = K_{Mv} \cdot K_{pV} \cdot K_{UV} \rightarrow 1.415 \cdot 0.9 \cdot 0.35 = 0.446$.

$$\text{Тоді } v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \rightarrow \frac{350}{90^{0.2} \cdot 0.2^{0.15} \cdot 0.8^{0.45}} \cdot 0.446 = 89.283 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата

$$n_p = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D_{заг}} \rightarrow \frac{1 \times 10^3 \cdot 89.283}{\pi \cdot 40} = 710.494 \text{ хв}^{-1} ,$$

де: $D_{заг}$ – діаметр оброблюваної поверхні, мм.

Розрахункова кількість обертів корегується за паспортними даними верстата.

Із ряду обертів шпинделя верстата вибираємо ближче менше значення

$$n_B = 630 \text{ хв}^{-1} .$$

За прийнятним значенням n_B визначаємо фактичну швидкість різання.

$$v_{\phi} = \frac{\pi \cdot D_{\text{заг}} \cdot n_{\text{в}}}{1000} \rightarrow \frac{\pi \cdot 40 \cdot 630}{1 \times 10^3} = 79.168 \text{ хв}^{-1}.$$

Визначаємо розрахункову довжину різання поверхонь

$$L = l_0 + l_1 + l_2 + l_3,$$

де $l_0 = 42$ мм - шлях різання;

$l_1 = 2$ мм - довжина підводу ріжучого інструменту до поверхні деталі яка обробляється;

l_2, l_3 - шлях врізання і перебігу; $l_2 = 0$; $l_3 = 0$.

$$L = l_0 + l_1 + l_2 + l_3 \rightarrow 42 + 2 + 0 + 0 = 44 \text{ мм}.$$

Основний час переходу

$$t_{010} = \frac{L}{n_{\text{в}} \cdot S_{\text{в}}} \rightarrow \frac{44}{630 \cdot 0.8} = 0.087 \text{ хв}.$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_{\text{доп}} = t_{\text{вст}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{зм}} + t_{\text{к}},$$

де: $t_{\text{вст}} = 0$ хв – деталь вже закріплена;

$t_{\text{пер}} = 0.11$ хв – час, пов'язаний з переходом з установленням різця по лімбу з точність $\leq 0,2$ мм та автоматичному переміщенні супорта і 200 мм висотою центрів;

$t_{\text{зм}} = 0.06 + 0.05 = 0.11$ хв – час, що необхідний для зміни режимів роботи верстата, та на зміну різального інструмента;

$t_{\text{к}} = 0.13$ хв – час, що необхідний для зміни режимів роботи верстата, та на зміну різального інструмента

Отримаємо

$$t_{\text{доп}10} = t_{\text{вст}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{зм}} + t_{\text{к}} \rightarrow 0 + 0.11 + 0.11 + 0.13 = 0.35 \text{ хв}.$$

Операція 010. Токарна.

Перехід 6: Обточити поверхню D48 начорно в розмір 20

Глибина різання визначається за формулою: $t = Z = 2$ мм

За нормативними таблицями визначаємо подачу, яка знаходиться в інтервалі (0, 6...1, 2) . Погодивши з паспортними даними токарного верстата 16К20, приймаємо $S_B = 0.8$ мм/об.

Швидкість різання визначається за формулою:

$$v = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V,$$

де коефіцієнти $C_V = 350$; $m = 0.2$; $x = 0.15$; $y = 0.45$ вибираємо із таблиць.

T – середнє значення періоду стійкості різця (можна приймати в межах 60...90 хв для різців із швидкорізальної сталі і 90...120 хв для різців із твердосплавною різальною пластинкою) . Приймаємо $T = 90$ хв.

Знаходимо поправочний коефіцієнт для заданого матеріалу

$n_V = 1$ - показник степені, який враховує групу сталі по оброблюваності;

$K_r = 1$ - коефіцієнт, який враховує групу сталі по оброблюваності;

$$K_{M_V} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} \rightarrow \left(\frac{750}{530} \right) = 1.415 ;$$

$K_{P_V} = 0.9$ - коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки на швидкість різання;

$K_{U_V} = 0.35$ - коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу інструменту на швидкість різання.

Отримаємо $K_V = K_{M_V} \cdot K_{P_V} \cdot K_{U_V} \rightarrow 1.415 \cdot 0.9 \cdot 0.35 = 0.446$.

$$\text{Тоді } v = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V \rightarrow \frac{350}{90^{0.2} \cdot 2^{0.15} \cdot 0.8^{0.45}} \cdot 0.446 = 63.208 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата

$$n_p = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D_{\text{заг}}} \rightarrow \frac{1 \times 10^3 \cdot 63.208}{\pi \cdot 48} = 419.16 \text{ хв}^{-1} ,$$

де: $D_{\text{заг}}$ – діаметр оброблюваної поверхні, мм.

Розрахункова кількість обертів корегується за паспортними даними верстата.

Із ряду обертів шпинделя верстата вибираємо ближче менше значення

$$n_B = 400 \text{ хв}^{-1}.$$

За прийнятим значенням n_B визначаємо фактичну швидкість різання.

$$v_{\phi} = \frac{\pi \cdot D_{\text{заг}} \cdot n_B}{1000} \rightarrow \frac{\pi \cdot 48 \cdot 400}{1 \times 10^3} = 60.319 \text{ хв}^{-1}.$$

Визначаємо розрахункову довжину різання поверхонь

$$L = l_0 + l_1 + l_2 + l_3,$$

де $l_0 = 20$ мм - шлях різання;

$l_1 = 2$ мм - довжина підводу ріжучого інструменту до поверхні деталі яка обробляється;

l_2, l_3 - шлях врізання і перебігу; $l_2 = 0$; $l_3 = 0$.

$$L = l_0 + l_1 + l_2 + l_3 \rightarrow 20 + 2 + 0 + 0 = 22 \text{ мм}.$$

Основний час переходу

$$t_{011} = \frac{L}{n_B \cdot S_B} \rightarrow \frac{22}{400 \cdot 0.8} = 0.069 \text{ хв}.$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_{\text{доп}} = t_{\text{вст}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{зм}} + t_{\text{к}},$$

де: $t_{\text{вст}} = 0$ хв – деталь вже закріплена;

$t_{\text{пер}} = 0.11$ хв – час, пов'язаний з переходом з установленням різця по лімбу з точність $\leq 0,2$ мм та автоматичному переміщенні супорта і 200 мм висотою центрів;

$t_{\text{зм}} = 0.06 + 0.05 = 0.11$ хв – час, що необхідний для зміни режимів роботи верстата, та на зміну різального інструмента;

$t_{\text{к}} = 0.13$ хв – час, що необхідний для зміни режимів роботи верстата, та на зміну різального інструмента

Отримаємо

$$t_{\text{доп11}} = t_{\text{вст}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{зм}} + t_{\text{к}} \rightarrow 0 + 0.11 + 0.11 + 0.13 = 0.35 \text{ хв.}$$

Визначення норм часу на виконання токарної операції 005

Визначаємо оперативний час по операцій

$$t_{0\Sigma} = t_{01} + t_{02} + t_{03} + t_{04} + t_{05} \rightarrow 0.075 + 0.183 + 0.225 + 0.255 + 2.04 = 2.778 \text{ хв.}$$

$$t_{\text{доп}\Sigma} = t_{\text{доп1}} + t_{\text{доп2}} + t_{\text{доп3}} + t_{\text{доп4}} + t_{\text{доп5}} \rightarrow 0.75 + 0.35 + 0.35 + 0.35 + 0.35 = 2.15 \text{ хв.}$$

$$t_{\text{оп}} = t_{0\Sigma} + t_{\text{доп}\Sigma} \rightarrow 2.778 + 2.15 = 4.928 \text{ хв.}$$

Час на технічне і організаційне обслуговування робочого місця

час на технічне обслуговування

$$t_{\text{тех}} = t_{\text{оп}} \cdot \left(\frac{\alpha}{100} \right) \rightarrow 4.928 \cdot \frac{2.5}{100} = 0.123 \text{ хв.}$$

час на організаційне обслуговування

$$t_{\text{орг}} = t_{\text{оп}} \cdot \left(\frac{\beta}{100} \right) \rightarrow 4.928 \cdot \frac{1.4}{100} = 0.069 \text{ хв.}$$

$$t_{\text{обсл}} = t_{\text{тех}} + t_{\text{орг}} \rightarrow 0.123 + 0.069 = 0.192 \text{ хв.}$$

Визначаємо час на відпочинок та природні потреби робітника

$$t_{\text{відп}} = t_{\text{оп}} \cdot \left(\frac{\alpha_{\text{оп}}}{100} \right) \rightarrow 4.928 \cdot \frac{1.6}{100} = 0.079 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{оп}} + t_{\text{обсл}} + t_{\text{відп}} \rightarrow 4.928 + 0.192 + 0.079 = 5.199 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно – калькуляційний час

$$t_{\text{ПЗ}} = 9 \text{ хв} - \text{підготовчо – заключний час згідно довідкових даних;}$$

$$n = 5 \text{ шт} - \text{партія випуску деталей}$$

$$t_{\text{шт.к}} = t_{\text{шт}} + \frac{t_{\text{ПЗ}}}{n} \rightarrow 5.199 + \frac{9}{5} = 6.999 \text{ хв.}$$

Норма виробітку за 1 годину становить:

$$N = \frac{60}{t_{\text{шт.к}}} \rightarrow \frac{60}{6.999} = 8.573 \text{ дет/год.}$$

Визначення норм часу на виконання токарної операції 010

Визначаємо оперативний час по операцій

$$t_{0\Sigma} = t_{06} + t_{07} + t_{08} + t_{09} + t_{010} + t_{011} \rightarrow 0.055 + 0.087 + 0.055 + 0.11 + 0.087 + 0.069 = 0.463 \text{ хв.}$$

$$t_{\text{доп}\Sigma} = t_{\text{доп}6} + t_{\text{доп}7} + t_{\text{доп}8} + t_{\text{доп}9} + t_{\text{доп}10} + t_{\text{доп}11} \rightarrow 0.75 + 0.35 + 0.35 + 0.35 + 0.35 + 0.35 = 2.5 \text{ хв}$$

$$t_{\text{оп}} = t_{0\Sigma} + t_{\text{доп}\Sigma} \rightarrow 0.463 + 2.5 = 2.963 \text{ хв.}$$

Час на технічне і організаційне обслуговування робочого місяця

час на технічне обслуговування

$$t_{\text{тех}} = t_{\text{оп}} \cdot \left(\frac{\alpha}{100} \right) \rightarrow 2.963 \cdot \frac{2.5}{100} = 0.074 \text{ хв.}$$

час на організаційне обслуговування

$$t_{\text{орг}} = t_{\text{оп}} \cdot \left(\frac{\beta}{100} \right) \rightarrow 2.963 \cdot \frac{1.4}{100} = 0.041 \text{ хв.}$$

$$t_{\text{обсл}} = t_{\text{тех}} + t_{\text{орг}} \rightarrow 0.074 + 0.041 = 0.116 \text{ хв.}$$

Визначаємо час на відпочинок та природні потреби робітника

$$t_{\text{відп}} = t_{\text{оп}} \cdot \left(\frac{\alpha_{\text{оп}}}{100} \right) \rightarrow 2.963 \cdot \frac{1.6}{100} = 0.047 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{оп}} + t_{\text{обсл}} + t_{\text{відп}} \rightarrow 2.963 + 0.116 + 0.047 = 3.126 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно – калькуляційний час

$t_{\text{пз}} = 9\text{хв}$ - підготовчо – заключний час згідно довідкових даних;

$n = 5\text{шт}$ - партія випуску деталей

$$t_{\text{шт.к}} = t_{\text{шт}} + \frac{t_{\text{пз}}}{n} \rightarrow 3.126 + \frac{9}{5} = 4.926 \text{ хв.}$$

Норма виробітку за 1 год становить:

$$N = \frac{60}{t_{\text{шт.к}}} \rightarrow \frac{60}{4.926} = 12.179 \text{ дет/год.}$$

Операція 015. Свердлильна.

Перехід 1: Свердлити отвір D6, 4 начорно в розмір 9

Свердло - спіральне, зі швидкорізальної сталі Р6М5; $D = 6.4 \text{ мм. } l = 9 \text{ мм.}$

Визначаємо глибину різання при свердлінні

$$t = \frac{D}{2} = 3.2 \text{ мм;}$$

Подача при свердлінні $s = 0.15$ мм/об [1]табл. 25, стр. 277;

Коректуємо подачу за паспортом верстата;

Як розрахункового значення, приймаємо $s = 0.14$ мм/об.

Визначаємо розрахункову швидкість різання при свердлінні

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot s^y} \cdot K_V;$$

де $K_V = K_{LV} \cdot K_{uV} \cdot K_{mV}$ - поправочний коефіцієнт.

$K_{LV} = 1$ - коефіцієнт, що враховує глибину отвору в залежності від діаметра свердла по [1]табл. 31, стр 280;

$K_{uV} = 1$ - коефіцієнт, що враховує матеріал свердла, по [1]табл. 6, с. 263;

$K_{mV} = K_{\Gamma} \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_V} \rightarrow \left(\frac{750}{530}\right)^{-0.9} = 0.732$ - поправочний коефіцієнт, враховує вплив

оброблюваного матеріалу коефіцієнти по [1]табл. 2, с. 262;

$$K_V = K_{LV} \cdot K_{uV} \cdot K_{mV} \rightarrow 1 \cdot 0.732 = 0.732 ;$$

По [1]табл. 30, стр. 279 період стійкості свердла $T = 25$ хв. По [1]табл. 28, стр. 278 знаходимо для $s < 0.2$:

$C_V = 7$; $q = 0.4$; $y = 0.7$; $m = 0.2$, ТОДІ

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot s^y} \cdot K_V \rightarrow \frac{7 \cdot 6.4^{0.4}}{25^{0.2} \cdot 0.14^{0.7}} \cdot 0.732 = 22.386 \text{ м /хв.}$$

Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \rightarrow \frac{1 \times 10^3 \cdot 22.386}{\pi \cdot 6.4} = 1.113 \times 10^3 \text{ об /хв.}$$

Коректуємо обороти за паспортними даними верстата.

Приймаються найближчим менше значення $n = 1000$ об /хв.

$$T_{03} = \frac{L}{n \cdot s};$$

$L = l + l_1 + l_2$ - розрахункова довжина оброблюваної поверхні,

де

$l = 9$ мм - дійсна довжина оброблюваної поверхні;

$$l_1 = \frac{D}{2 \tan(60^\circ)} + 1.5 \rightarrow \frac{6.4}{2 \cdot \tan(60^\circ)} + 1.5 = 3.348 \text{ мм - величина врізання;}$$

$$l_2 = 2 \text{ мм - вихід інструменту;}$$

$$t_{03} = \frac{l + l_1 + l_2}{n \cdot s} \rightarrow \frac{9 + 3.348 + 2}{1 \times 10^3 \cdot 0.14} = 0.102 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_{\text{доп}} = t_{\text{вст}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{зм}} + t_{\text{к}}$$

де $t_{\text{вст}} = 0 \text{ хв}$ - час на встановлення, затискання і знаття деталі в патроні з ручним кріпленням;

$t_{\text{пер}} = 0.13 \text{ хв}$ - час, пов'язаний з переходом з установленням різця по лімбу з точністю $< 0,2$ мм та автоматичному переміщені супорта;

$t_{\text{зм}} = 0.06 + 0.05 = 0.11 \text{ хв}$ - час, що необхідний для зміни режимів роботи верстата, та на зміну різального інструмента;

$$t_{\text{к}} = 0.15 \text{ хв} - \text{час на контрольні вимірювання оброблювальної поверхні.}$$

$$t_{\text{доп}} = t_{\text{вст}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{зм}} + t_{\text{к}} \rightarrow 0 + 0.13 + 0.11 + 0.15 = 0.39 \text{ хв.}$$

Операція 01. Свердлильна.

Перехід 2: Нарізати різьблення в 4 отв. М8 в розмір 9

Мітчик - зі швидкорізальної сталі Р6М5; $D = 8 \text{ мм}$. $l = 9 \text{ мм}$.

Подача при нарізанні різьблення $s = 2.5 \text{ мм/об}$ [1]табл. 25, стр. 277;

Визначаємо розрахункову швидкість різання

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot s^y} \cdot K_V;$$

де $K_V = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{cv}$ - поправочний коефіцієнт.

$$K_{mv} = K_{\Gamma} \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} \rightarrow \left(\frac{750}{530} \right)^{-0.9} = 0.732 - \text{поправочний коефіцієнт, враховує вплив}$$

оброблюваного матеріалу коефіцієнти по [1]табл. 2, с. 262;

$K_{uv} = 1$ - коефіцієнт, що враховує матеріал свердла, по [1]табл. 6, с. 263;

$K_{cv} = 0.75$ - коефіцієнт, що враховує спосіб нарізування різьблення.

$$K_V = K_{L_V} \cdot K_{u_v} \cdot K_{m_v} \rightarrow 1 \cdot 0.732 = 0.732 ;$$

По [1]табл. 30, стр. 279 період стійкості свердла $T = 25$ хв. По [1]табл. 28, стр. 278 знаходимо для $s < 0.2$:

$$C_V = 20; \quad q = 1.2; \quad y = 0.5; \quad m = 0.9, \text{ тоді}$$

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot s^y} \cdot K_V \rightarrow \frac{20 \cdot 8^{1.2}}{25^{0.9} \cdot 2.5^{0.5}} \cdot 0.732 = 6.193 \text{ м /хв.}$$

розрахункову частоту обертання шпинделя

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \rightarrow \frac{1 \times 10^3 \cdot 6.193}{\pi \cdot 8} = 246.42 \text{ об /хв.}$$

Коректуємо обороти за паспортними даними верстата.

Приймаються найближчим менше значення $n = 250$ об /хв.

$$t_{04} = \frac{L}{n \cdot s};$$

$L = l + l_1 + l_2$ - розрахункова довжина оброблюваної поверхні,

де

$l = 9$ мм - дійсна довжина оброблюваної поверхні;

$l_1 = 2$ мм - підведення врізання;

$l_2 = 26$ мм - вихід інструменту;

$$t_{04} = \frac{l + l_1 + l_2}{n \cdot s} \rightarrow \frac{9 + 2 + 26}{250 \cdot 2.5} = 0.059 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_{\text{доп4}} = t_{\text{вст}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{зм}} + t_{\text{к}}$$

де $t_{\text{вст}} = 0$ хв - час на встановлення, затискання і знаття деталі в патроні з ручним кріпленням;

$t_{\text{пер}} = 0.13$ хв - час, пов'язаний з переходом з установленням інструменту по лімбу з точністю $< 0, 2$ мм та автоматичному перемішенні супорта;

$t_{зМ} = 0.06 + 0.05 = 0.11$ хв - час, що необхідний для зміни режимів роботи верстата, та на зміну різального інструмента;

$t_{к} = 0.15$ хв - час на контрольні вимірювання оброблювальної поверхні.

$t_{доп4} = t_{вст} + t_{пер} + t_{зМ} + t_{к} \rightarrow 0 + 0.13 + 0.11 + 0.15 = 0.39$ хв.

Визначаємо оперативний час по операції

$\Sigma t_{0i} = t_{01} + t_{02} + t_{03} + t_{04} \rightarrow 0.075 + 0.183 + 0.102 + 0.059 = 0.419$ хв.

$\Sigma t_{допi} = t_{доп1} + t_{доп2} + t_{доп3} + t_{доп4} \rightarrow 0.75 + 0.35 + 0.35 + 0.39 = 1.84$ хв.

Оперативний час

$t_{оп} = \Sigma t_{0i} + \Sigma t_{допi} \rightarrow 0.419 + 1.84 = 2.259$ хв.

Час на технічне обслуговування робочого місця

$t_{тех} = t_{оп} \cdot \frac{\alpha}{100} \rightarrow 2.259 \cdot \frac{2.5}{100} = 0.056$ хв.

Час на організаційне обслуговування робочого місця

$t_{орг} = t_{оп} \cdot \frac{\beta}{100} \rightarrow 2.259 \cdot \frac{1.4}{100} = 0.032$ хв.

Час на організаційне обслуговування робочого місця

$t_{обсл} = t_{тех} + t_{орг} \rightarrow 0.056 + 0.032 = 0.088$ хв.

Час на відпочинок та природні потреби робітника

$t_{відп} = t_{оп} \cdot \frac{\alpha_{оп}}{100} \rightarrow 2.259 \cdot \frac{1.6}{100} = 0.036$ хв.

Штучний час

$t_{шт} = t_{оп} + t_{обсл} + t_{відп} \rightarrow 2.259 + 0.088 + 0.036 = 2.383$ хв.

Час на відпочинок та природні потреби робітника

$t_{штк} = i \cdot \left(t_{шт} + \frac{t_{пз}}{n} \right) \rightarrow 4 \cdot \left(2.383 + \frac{16}{5} \right) = 22.334$ хв,

де $t_{пз} = 16$ хв - підготовчо - заключний час згідно довідкових даних.

8. Правила монтажу, експлуатації та ремонту обладнання

Надійна робота харчового обладнання, зокрема сировиготовлювача ТІ-6,3, значною мірою залежить від правильного виконання всіх етапів — від монтажу до щоденної експлуатації та своєчасного обслуговування. У процесі модернізації конструкції апарата особливу увагу було приділено не лише підвищенню ефективності переробки сировини, але й забезпеченню зручності технічного доступу, спрощенню регламентних процедур та зменшенню аварійних простоїв.

Правила монтажу

Монтаж сировиготовлювача ТІ-6,3 повинен проводитися кваліфікованим персоналом відповідно до інструкції заводу-виробника або технічної документації модернізованого зразка обладнання. Перед початком монтажу слід здійснити підготовку майданчика: вирівняти площину встановлення, нанести розмітку місць кріплення опор та забезпечити підведення всіх комунікацій — електропостачання, водопостачання, каналізації та системи вентиляції.

Апарат встановлюється на чотири опорні стійки, дві з яких мають нижчу висоту для створення необхідного нахилу корпусу. Сійки анкеруються до бетонної основи із застосуванням демпферних елементів для зниження вібрації. Після механічного встановлення здійснюється підключення патрубків подачі та відведення теплоносія до змесвиків нагріву й охолодження, встановлення датчиків температури та тиску, монтаж люка, СІР-мийки та кришки з решіткою. Під час монтажу важливо перевірити герметичність з'єднань, надійність кріплення вала з лопатями, правильність позиціонування фланців і зливних штуцерів.

Підключення електричної частини виконується тільки після завершення гідравлічних випробувань. Електроживлення має бути трифазним (380 В), з наявністю захисного заземлення, пристроїв аварійного вимкнення та автоматичного вимикача. Усі кабелі прокладаються в металорукавах або ізольованих каналах з урахуванням вологозахисту (ступінь IP не нижче 54).

Після завершення монтажу проводиться пробний запуск, під час якого перевіряється обертання вала, справність редуктора, функціонування системи керування, спрацювання кінцевих вимикачів та точність показів температурних датчиків.

Таблиця 8.2. Інструкція з монтажу сировиготовлювача ТІ-6,3

№ з/п	Назва етапу монтажу	Зміст робіт	Засоби та інструменти
1	Підготовка майданчика	Розмітка, вирівнювання підлоги, анкерні отвори, перевірка горизонтальності	Лазерний рівень, перфоратор
2	Встановлення опорних стійок	Монтаж 4 опор (дві нижчі для нахилу), фіксація анкерними болтами	Анкерні болти, гайкові ключі
3	Монтаж ємності	Встановлення основної багатопарової ємності на стійки	Таль, домкрат, прокладки
4	Підключення змєєвиків	Під'єднання тепло- і хладоносія, ущільнення фланців	Гайкові ключі, сантехнічні матеріали
5	Установка РВІ (вал з лопатями)	Встановлення валу, лопатей, кронштейнів, перевірка центрування	Монтажні пристрої, індикаторне мірило
6	Електромонтаж	Підключення двигуна, частотного перетворювача, кінцевих вимикачів	Електроінструмент, тестер
7	Монтаж системи СІР	Кріплення миючих головок, трубопроводів, під'єднання до мийної станції	Газовий ключ, герметик
8	Тестування та налагодження	Пробний запуск, перевірка герметичності, обертання, інтерфейс системи	Контролер, ноутбук, інструкція
9	Документування введення в експлуатацію	Складання акту монтажу, налаштування системи управління, інструктаж персоналу	Формуляри, підписи, печатки

Правила експлуатації

Щоденна експлуатація обладнання повинна здійснюватися відповідно до затвердженої інструкції з урахуванням технічних і санітарних вимог до харчового виробництва. Перед початком кожної зміни оператор зобов'язаний провести зовнішній огляд апарата, перевірити герметичність з'єднань, наявність залишків попередніх продуктів або води, працездатність датчиків та стан електроживлення.

Початкова стадія процесу передбачає завантаження сировини через верхній люк, який обладнано блокувальним датчиком. Перед подачею продукту необхідно впевнитися, що РВІ (ріжучо-вимішуючий інструмент) знаходиться в нерухомому стані. Після завантаження активується перемішування та термообробка — включаються змеевики нагріву або охолодження, залежно від температурного режиму.

Усі етапи керуються через панель управління, яка дозволяє задавати час, температуру, швидкість обертання вала. У разі перевищення контрольних значень система автоматично виконує зупинку. Всі операції записуються в електронний журнал, що дозволяє відстежувати події експлуатації та виявляти відхилення.

Після завершення процесу виготовлення сиру проводиться послідовне зливання сироватки через контрольовані штуцери, відбір проб, а потім розвантаження готового продукту через нижній кран. Заключним етапом кожного циклу є миття внутрішніх поверхонь СІР-системою: вмикаються миючі головки, подається розчин через трубопровід, а привід РВІ забезпечує обертання лопатей для кращої циркуляції рідини.

Особливу увагу слід приділяти дотриманню правил техніки безпеки: заборонено відкривати кришки, втручатися в роботу вузлів під час обертання вала, торкатися відкритих електроприладів мокрими руками, залишати апарат без нагляду під час активного циклу.

Правила ремонту

Обслуговування та ремонт сировиготовлювача ПІ-6,3 здійснюється згідно з затвердженим графіком технічного обслуговування. Види ремонту класифікуються на поточні, планові та капітальні. Поточне обслуговування включає щоденний візуальний огляд, протирання, підтяжку кріплень, змащування рухомих елементів (підшипники, з'єднання кронштейнів), а також перевірку герметичності швів.

Плановий ремонт проводиться згідно з паспортом обладнання після певного ресурсу (наприклад, кожні 1000 годин роботи) і включає: заміну ущільнювальних елементів, перевірку стану валу, лопатей і ножів, заміну зношених підшипників, тестування редуктора та оновлення мастил. До планового обслуговування також входить калібрування температурних і вагових датчиків, перевірка роботи датчиків блокування, СІР-системи, електронних клапанів.

Капітальний ремонт включає демонтаж ключових вузлів, дефектування, можливу заміну вала або редуктора, шліфування внутрішньої поверхні ємності, реконструкцію кріплень та повну заміну елементів системи автоматизації.

Важливим етапом кожного виду ремонту є складання акту технічного огляду із зазначенням виявлених несправностей, заміненних частин, часу простою, матеріальних витрат та рекомендованих профілактичних заходів. Усі дані вносяться до журналу експлуатації.

Під час ремонту слід дотримуватись таких вимог:

- перед початком будь-яких робіт апарат повинен бути знеструмлений та ізольований;
- при виконанні зварювальних або шліфувальних робіт усі ємності мають бути очищені від залишків продукту і мийних розчинів;
- під час заміни ножів або лопатей слід використовувати спеціальні інструменти для уникнення травмування.

Таблиця 8.2. Графік планово-попереджувального ремонту (ППР) для сировиготовлювача ТІ-6,3

№ з/п	Вид технічного обслуговування	Періодичність	Перелік робіт	Відповідальний персонал
1	Щоденне обслуговування	Щодня	Візуальний огляд, перевірка герметичності, очищення, контроль температур, перевірка СІР	Оператор
2	Щотижневе ТО	1 раз/тиждень	Змащування підшипників, перевірка зливної системи, огляд фіксаторів і ущільнень	Слюсар-ремонтник
3	Мале техобслуговування	1 раз/місяць	Перевірка редуктора, контроль зносу ножів, перевірка блокування люка	Електромеханік
4	Середній ремонт	1 раз/квартал	Заміна ущільнень, регулювання вузлів, перевірка валу, калібрування тензодатчиків	Інженер з КВПіА
5	Великий/капітальний ремонт	1 раз/рік	Повний демонтаж вала і РВІ, заміна лопатей, шліфування внутрішніх поверхонь, ревізія системи нагріву/охолодження	Сервісна бригада

9. Система управління

Сучасні вимоги до харчового обладнання висувають особливі умови не лише до конструкції апарата, але й до ефективності та зручності керування ним. Застосування систем автоматизованого керування дозволяє забезпечити стабільність технологічного процесу, підвищити якість продукції, зменшити втручання оператора та мінімізувати ймовірність помилок у процесі виробництва.

У базовій моделі сировиготовлювача ТІ-6,3 керування здійснювалося переважно вручну. Запропонована модернізація передбачає інтеграцію елементів автоматизації для контролю температури, ваги продукту, положення перемішуючого механізму, а також автоматичного СІР-миття. Це забезпечується шляхом впровадження системи керування на основі мікроконтролера з сенсорними датчиками та частотним регулюванням приводу.

Підбір обладнання для автоматизації

Для реалізації функцій керування та моніторингу в модернізованому апараті обрано систему управління на базі програмованого логічного контролера (ПЛК) Siemens серії S7-1200 з панеллю оператора. В якості виконавчих пристроїв застосовуються твердотільні реле, контактори, електромагнітні клапани та частотний перетворювач для регулювання обертів вала.

Контроль температури, тиску, ваги та положення механізмів здійснюється за допомогою промислових датчиків відповідних типів з інтерфейсом Modbus або аналоговим виходом (4–20 мА або 0–10 В). Передача даних на контролер здійснюється через захищені промислові кабелі та клемники.

Основні функції системи:

- контроль температури суміші в апараті;
- регулювання швидкості обертання вала за допомогою частотного перетворювача;
- зважування продукту та сироватки за допомогою тензометричних датчиків;
- автоматичне вимкнення/вмикання приводу залежно від положення лопатей;
- візуалізація параметрів процесу на панелі оператора;
- автоматичне керування СІР-миттям.

Таблиця 9.1. Основні засоби керування та управління

№ з/п	Назва елемента	Тип (модель)	Функціональне призначення	Виробник	Місце встановлення
1	Програмований логічний контролер (ПЛК)	Siemens S7-1200	Централізоване керування усіма системами апарата	Siemens	Шафа керування
2	Панель оператора	Siemens KTP400 Basic	Візуалізація параметрів, ручне/авто керування	Siemens	Фронтальна панель шафи
3	Частотний перетворювач	Danfoss VLT FC-51	Регулювання швидкості обертання вала	Danfoss	Шафа керування
4	Датчик температури	PT100, аналоговий	Вимірювання температури суміші в апараті	WIKA	Зовнішня частина робочої ємності
5	Тензометричні датчики ваги	Zemic H8C	Контроль маси суміші, сироватки, готового продукту	Zemic	Під опорами апарата
6	Електромагнітний клапан	Burkert 6213	Автоматичне відкриття/закриття подачі мийного розчину	Burkert	Вузол подачі СІР-системи
7	Датчик положення валу	Induktive PNP IFM	Відключення приводу при досягненні заданого положення	IFM Electronic	Привідний блок
8	Датчик тиску	IFM PN2093	Контроль тиску мийної рідини в СІР-системі	IFM Electronic	Трубопровід СІР
9	Блок живлення	MeanWell MDR-60-24	Забезпечення стабільного живлення електроніки	MeanWell	Шафа керування
10	Захисний автомат	ABB S201	Захист електроліній від перевантаження	ABB	Шафа керування

10. Охорона праці

Загальні положення

Питання охорони праці є одним із ключових аспектів при розробці, експлуатації та модернізації харчового обладнання, особливо у молочній галузі, де до процесів та умов виробництва висуваються підвищені санітарно-гігієнічні, безпекові та екологічні вимоги. У контексті модернізації сировиготовлювача ТІ-6,3 безпеку праці забезпечується не лише конструктивними рішеннями, а й комплексом організаційних, санітарних і технічних заходів, які відповідають чинному законодавству України, зокрема Закону України «Про охорону праці», Кодексу законів про працю, а також галузевим ДСТУ та наказам МОЗ.

Робота на обладнанні для виготовлення кисломолочного сиру пов'язана з впливом низки потенційно небезпечних факторів, таких як високі температури, обертові частини механізмів, дія мийних хімічних речовин, вологе середовище та електричне живлення. Усі ці чинники повинні бути враховані при організації безпечного виробничого процесу.

З метою створення максимально безпечних умов праці в модернізованій конструкції передбачено впровадження автоматизованої системи управління, що дозволяє звести до мінімуму необхідність фізичного контакту оператора з небезпечними вузлами. Контроль усіх ключових параметрів (температура, положення перемішуючого механізму, тиск, рівень рідини) забезпечується дистанційно, через панель керування. Крім того, передбачено аварійне відключення обладнання у разі нештатних ситуацій.

Небезпечні та шкідливі фактори при роботі з обладнанням

Експлуатація сировиготовлювача передбачає взаємодію персоналу з енергетичними, тепловими, механічними та хімічними факторами. У таблиці нижче подано перелік найбільш поширених небезпечних і шкідливих чинників, які можуть виникати під час роботи з обладнанням:

Таблиця 10.1. Небезпечні та шкідливі фактори при роботі з обладнанням

№ з/п	Назва фактора	Характер впливу на працівника
1	Рухомі частини (вал, лопаті, ножі)	Можливість травмування при недотриманні правил безпеки
2	Висока температура пари і продукту	Опіки при контакті з поверхнями або рідинами
3	Електричний струм	Ризик ураження струмом при порушенні ізоляції або несправності ПЗЗ
4	Мийні хімічні речовини	Подразнення шкіри, слизових оболонок, хімічні опіки
5	Високий рівень шуму	Погіршення слуху, психоемоційна втома
6	Надмірна вологість	Погіршення умов мікроклімату, зростання ризику захворювань
7	Слизька підлога	Підвищений ризик падіння та травм
8	Мікробіологічна небезпека	Ризик інфікування через контакти з білковими масами

Робоче місце оператора повинне бути облаштоване таким чином, щоб виключити контакт з джерелами ризику або мінімізувати його шляхом ізоляції, автоматизації або застосування засобів індивідуального захисту.

Електробезпека

У конструкції сировиготовлювача використовується електроприводний механізм перемішування, система нагріву та система автоматизації, що функціонують від електромережі з напругою 380 В. Для забезпечення електробезпеки обладнання заземлено, а всі елементи системи керування розміщено в захищеній шафі із ступенем захисту не нижче IP54. Введено систему автоматичного аварійного відключення у випадку короткого замикання, а також індикатори напруги, реле контролю фаз та УЗО.

До обслуговування електричних вузлів допускаються лише спеціалісти з відповідною групою допуску з електробезпеки. Заборонено відкривати кришки, під'єднувати кабелі або вмикати обладнання при наявності вологи або без спецзасобів захисту.

Пожежна безпека

Хоча в обладнанні не використовуються вибухонебезпечні чи легкозаймисті речовини, ризики займання все ж залишаються через наявність електронавантаження, нагрівальних елементів та температурного обладнання. Відповідно до норм пожежної безпеки, приміщення, де розташовано апарат, має бути обладнане первинними засобами пожежогасіння (вогнегасники порошкові або вуглекислотні типу ВП-5 чи ВВК-2), а також системою вентиляції для виведення гарячого повітря.

На видимому місці повинна бути розміщена інструкція з протипожежної безпеки, а працівники – пройти навчання з евакуації. Електроприлади щоденно перевіряються на відсутність пошкоджень ізоляції. Місце роботи має бути вільне від займистих матеріалів.

Мікроклімат і вентиляція

Комфортні умови праці є важливими не лише з погляду ергономіки, а й для профілактики професійних захворювань. У приміщенні, де функціонує сировиготовлювач, необхідно підтримувати температуру на рівні 20–24 °С, відносну вологість до 75%, а швидкість руху повітря – не більше 0,3 м/с. При митті обладнання допускається тимчасове підвищення вологості до 95%, за умови регулярного провітрювання.

Для цього встановлюється припливно-витяжна вентиляція з механічним регулюванням потужності. У разі високої температури зовнішнього повітря може застосовуватися локальне кондиціонування. Усі отвори вентиляції обладнані захисними сітками від пилу та комах.

Засоби індивідуального захисту

Оператору сировиготовлювача видається комплект засобів індивідуального захисту, який включає спецодяг, фартух з водовідштовхуючого матеріалу, гумові рукавиці, чоботи, захисні окуляри та в разі роботи з хімічними засобами – респіратор. При обслуговуванні обертових вузлів категорично заборонено працювати без захисного одягу або з розстебнутими елементами форми.

Окремо видається санітарна форма, яка змінюється щодня згідно з внутрішніми гігієнічними регламентами підприємства. Уся форма має бути виготовлена з легко дезінфікованих матеріалів.

Медичне обслуговування та навчання персоналу

Працівники, які експлуатують або обслуговують сировиготовлювач, проходять вступний, первинний та періодичний інструктаж з охорони праці. Обов'язковою умовою допуску до роботи є проходження щорічного медичного огляду відповідно до наказу МОЗ №246. Усі інструктажі, тренування та перевірки знань з охорони праці фіксуються в журналах установленого зразка.

Додатково працівників інструктують з правил застосування мийних засобів, роботи з гарячою парою, електробезпеки та використання засобів індивідуального захисту.

Екологічна безпека

Мийні розчини, які застосовуються у СІР-системі сировиготовлювача, після завершення циклу потрапляють у замкнену каналізаційну систему з нейтралізацією. На підприємстві має функціонувати система локальних очисних споруд для попередньої фільтрації стічних вод. Повітряні викиди під час роботи апарата не містять агресивних речовин, що дозволяє уникати атмосферного забруднення. Обладнання не створює вібраційного або шумового забруднення вище допустимих меж.

11. Охорона довкілля

Сучасне харчове виробництво, зокрема молочна промисловість, повинно не лише відповідати технічним і санітарно-гігієнічним вимогам, а й забезпечувати мінімальний негативний вплив на навколишнє середовище. У межах дипломного проєкту модернізації сировиготовлювача ТІ-6,3 передбачено заходи, що забезпечують дотримання принципів екологічної безпеки, раціонального використання ресурсів та поводження з відходами відповідно до вимог законодавства України, включаючи Закони «Про охорону навколишнього природного середовища», «Про відходи», «Про охорону атмосферного повітря» та інші нормативні акти.

Під час експлуатації сировиготовлювача можливий вплив на довкілля через кілька основних каналів: викиди в атмосферу (пари мийних і технологічних засобів), скиди стічних вод (після мийки апарата), утворення твердих і рідких харчових відходів, а також використання мийних хімікатів. Щоб звести такий вплив до мінімуму, необхідно передбачити систему екологічного контролю, впровадити очисні заходи та дотримуватися принципів енергоефективності.

Система поводження з відходами на підприємстві

Передбачається, що всі відходи, які утворюються внаслідок функціонування сировиготовлювача, мають проходити через систему попереднього збору, маркування та утилізації. Органічні залишки продукту можуть бути передані на фермерські господарства для використання як корм для тварин або як сировина для біогазових установок. Мийні стоки після СІР-обробки спрямовуються в окрему каналізаційну гілку з фільтраційними вузлами. Хімічні речовини зберігаються в окремому провітрюваному приміщенні з герметичними ємностями та обов'язковим наявністю вторинного піддона для збору аварійних виливів.

Окрему увагу приділено пластику — тарі з-під мийних концентратів, захисній упаковці та допоміжних витратних матеріалів. Вони збираються в окремі контейнери, які вивозяться за договором з організаціями, що мають ліцензії на переробку полімерних матеріалів.

Таблиця 11.1. Основні види впливу сировиготовлювача ПІ-6,3 на довкілля та способи їх мінімізації

№ з/п	Тип впливу на довкілля	Тип відходів або джерело впливу	Можливі екологічні наслідки	Заходи запобігання або мінімізації
1	Скидання стічних вод	Мийні розчини, залишки молока	Забруднення водних об'єктів, ґрунтів	Використання локальних очисних споруд, фільтрація, повторне використання води
2	Викиди в атмосферу	Пари мийних засобів, гаряча вода	Погіршення якості повітря, ризики для персоналу	Установка витяжної вентиляції з фільтрацією повітря
3	Утворення твердих органічних відходів	Сирна маса, осади, залишки молока	Зростання бактеріального навантаження, запахи	Сортування, централізоване збирання, передача на переробку (корм, біогаз)
4	Використання хімічних речовин	Кислоти, луги, дезінфектанти	Отруєння ґрунтів і вод, загроза фауні	Дозоване застосування, герметичне зберігання, навчання персоналу
5	Енергоспоживання	Споживання електроенергії для підігріву	Накопичення викидів CO ₂ в енергосистемі	Встановлення індукційних нагрівачів, автоматичне вимкнення у режимі простою
6	Шумове забруднення	Робота двигунів, редуктора	Погіршення акустичного середовища	Звукоізоляція корпусу, використання безшумних приводів
7	Пластикові відходи з упаковки	Тара з-під компонентів	Захаращення території, довготривалий розклад	Сортування, передача на вторинну переробку

Перспективи впровадження принципів "зеленого виробництва"

У контексті глобальних екологічних викликів доцільно впроваджувати на підприємстві принципи сталого виробництва, зокрема:

- заміну традиційних нагрівальних елементів на енергоощадні (інфрачервоні або індукційні);
- реорганізацію технологічних ланцюгів з метою зменшення споживання води;
- встановлення сенсорних систем для автоматичного регулювання температури та кількості поданих реагентів;
- впровадження електронного моніторингу ресурсів та оцінки екологічного сліду продукції.

Таким чином, модернізоване обладнання не лише відповідає сучасним технологічним вимогам, а й сприяє зниженню екологічного навантаження на довкілля, підвищенню ефективності виробництва та відповідальності підприємства перед суспільством і природою.

Висновки

У результаті виконаної дипломної роботи було розроблено і обґрунтовано технічне рішення з модернізації сировиготовлювача ТІ-6,3, яке дозволяє адаптувати апарат до вимог сучасного молочного виробництва. Основна увага в роботі була зосереджена на покращенні ключових характеристик обладнання, зокрема керованості, енергоощадності, надійності та гігієнічності.

Встановлення частотно-регульованого електроприводу дозволило не лише знизити динамічні навантаження на вузли апарата, а й забезпечити точне регулювання швидкості перемішування, що є критичним для збереження структури сирного згустку. Інтеграція СІР-системи автоматизованого миття значно спростила процес санітарної обробки обладнання, зробивши його швидшим, безпечнішим та менш залежним від людського фактора. Покращення фільтраційної системи забезпечило ефективніше розділення сироватки, що дало змогу зменшити втрати цінних компонентів молока.

Окрему увагу було приділено автоматизації зливу сироватки. Введення електромагнітних клапанів та датчиків рівня забезпечило точне дозування і своєчасне видалення рідини без втручання оператора. Завершальним елементом модернізації стала система вагового контролю — тензодатчики під опорами апарата дали можливість вести безперервний моніторинг маси продукту на різних етапах виробничого процесу.

Усі проведені зміни дозволили не лише підвищити технологічну ефективність апарата, а й створили умови для поліпшення якості готової продукції, підвищення безпеки праці та зниження енерговитрат. Оновлений сировиготовлювач ТІ-6,3 може бути впроваджений у виробничі процеси без значного переоснащення підприємства, що робить запропоноване рішення практично та економічно доцільним.

Список використаної літератури

1. Сіренко О. В. Технологія молока і молочних продуктів: підручник. – Київ: Центр учбової літератури, 2012. – 400 с.
2. Коваленко П. І. Технологія молочних продуктів: навчальний посібник. – Київ: Ліра-К, 2015. – 320 с.
3. Мельник І. М. Технологія молока і молочних продуктів: навчальний посібник. – Львів: Новий Світ–2000, 2010. – 280 с.
4. Савченко І. І. Технологія молока і молочних продуктів: навчальний посібник. – Харків: ХНАУ, 2014. – 350 с.
5. Пастушенко О. Натуральний свіжий і кисломолочний продукт – це завжди локальна історія // AgroTimes. – 2021. – 17 червня.
6. Шевченко Л. О. Виробництво кисломолочних продуктів у фермерських господарствах // Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С. З. Гжицького. – 2019. – Т. 21, № 92. – С. 129–133.
7. Тесля І. С. Розвиток молочної промисловості в Україні: проблеми і перспективи // Економіка АПК. – 2020. – № 5. – С. 94–99.
8. Боровик Т. М. Використання заквасок у виробництві кисломолочного сиру // Харчова наука і технологія. – 2018. – № 4 (45). – С. 73–78.
9. Герасимчук З. В. Технологія сиру кисломолочного із застосуванням біоактивних добавок // Продовольчі ресурси. – 2017. – № 1. – С. 41–46.
10. Яворська О. В. Вплив способів коагуляції на властивості кисломолочного сиру // Товари і ринки. – 2021. – № 2. – С. 60–65.
11. Berisha K., Thaqi M., Bytyqi H. Traditional Cottage Cheese Production in Kosovo // Food Science and Applied Biotechnology. – 2018. – Vol. 1, No. 2. – P. 125–130.
12. Farkye N. Y. Cheese Technology // International Journal of Dairy Technology. – 2004. – Vol. 57, No. 1. – P. 91–98.

13. Kosikowski F. V., Mistry V. V. Cheese and Fermented Milk Foods. – 3rd ed. – Brooktondale, NY: Kosikowski F. V. and Associates, 1997. – 761 p.
14. Scott R., Robinson R. K., Wilbey R. A. Cheesemaking Practice. – 3rd ed. – London: Springer, 1998. – 449 p.
15. Lucey J. A. Cottage Cheese: Production and Potential Health Benefits // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2025. – Vol. 65. – P. 112–124.
16. Nielsen B. A. Microbial cultures in dairy production: applications and trends // Dairy Science & Technology. – 2019. – Vol. 99, No. 3. – P. 275–289.
17. Tamime A. Y., Robinson R. K. Yoghurt: Science and Technology. – 3rd ed. – Boca Raton: CRC Press, 2007. – 808 p.
18. Walstra P., Wouters J. T. M., Geurts T. J. Dairy Science and Technology. – 2nd ed. – Boca Raton: CRC Press, 2005. – 800 p.
19. Fox P. F., McSweeney P. L. H. Advanced Dairy Chemistry. Volume 1B: Proteins: Applied Aspects. – 4th ed. – New York: Springer, 2013. – 609 p.
20. Griffiths M. W. Improving the Safety and Quality of Milk: Volume 1 – Milk Production and Processing. – Cambridge: Woodhead Publishing, 2010. – 528 p.