

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

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(назва факультету)

Кафедра обладнання харчових технологій

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня бакалавра

бакалавр

РОЗРОБЛЕННЯ ЗАХОДІВ З МОНТАЖУ, ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА РЕМОНТУ ЕСКІМОГЕНЕРАТОРА МАРКИ Л5-ОЭК

Виконав: студент _____
спеціальності: _____
(шифр і назва спеціальності)

_____ Дзвінка І.Н.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник _____
(підпис) Пилипець О.М.
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль _____
Кравець О.І.

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

Рецензент _____
(підпис) Кухтин М.Д.
(прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2026

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

Кафедра обладнання харчових технологій

ЗАТВЕРДЖУЮ

Т.в.о. завідувача кафедрою
ОХ

_____ Пилипець О.М.

(підпис) (прізвище, ініціали)

“ ” _____ 2026р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня
бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва спеціальності)

здобувачу Дзвінці Ігорю Никифоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розроблення заходів з монтажу, експлуатації та ремонту ескімогенератора марки Л5-ОЭК

керівник роботи Пилипець Оксана Михайлівна к.т.н., доц.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від 04.05.2026 року № 4/9-215

2. Строк подання студентом проекту : 10 червня 2026 року

3. Вихідні дані до проекту: Технічний паспорт ескімогенератора марки Л5-ОЭК

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

У кваліфікаційній роботі необхідно провести аналіз сучасного стану виробництва морозива та обладнання, що використовується в технологічних лініях його виготовлення, розглянути вихідні дані для проектування, дослідити конструктивні особливості сучасних ескімогенераторів, виконати аналіз існуючого виробництва, технологічних процесів виготовлення морозива та характеристик основних видів сировини. На основі проведеного аналізу сформулювати мету та визначити основні завдання кваліфікаційної роботи.

У конструкторській частині необхідно обґрунтувати напрями модернізації ескімогенератора марки Л5-ОЭК, розробити удосконалену конструкцію обладнання, дослідити його будову та принцип роботи. Виконати кінематичний розрахунок привідних механізмів машини, провести конструювання та інженерні розрахунки окремих вузлів ескімогенератора, зокрема приводу глазурувальної головки та дозувального механізму, а також визначити основні параметри робочих органів обладнання.

У технологічній частині необхідно розробити заходи щодо монтажу ескімогенератора на виробництві, дослідити особливості його експлуатації та технічного обслуговування. Розробити технологію ремонту глазурувальної головки ескімогенератора марки Л5-ОЭК, виконати аналіз технічних вимог до деталі типу «кришка глазурувальної головки», що підлягає виготовленню, а також розробити технологічний процес її виготовлення з обґрунтуванням вибору способу одержання заготовки, обладнання, інструментів, технологічного оснащення та режимів механічної обробки.

У розділі з безпеки життєдіяльності та охорони праці необхідно проаналізувати небезпечні та шкідливі виробничі фактори, що можуть виникати під час монтажу, експлуатації та ремонту ескімогенератора марки Л5-ОЭК, а також розробити комплекс організаційних і технічних заходів щодо забезпечення безпечних умов праці персоналу під час виконання зазначених робіт.

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

1. Ескімогенератор марки Л5-ОЭК. Загальний вигляд. Ф А1. 2. Ескімогенератор марки Л5-ОЭК. Ф А1. 3. Кінематична схема. Ф А1. 4. Головка глазурувальна ескімогенератора марки Л5-ОЭК. Складальне креслення. Ф А1. 5. Дозатор ескімогенератора марки Л5-ОЭК. Складальне креслення. Ф А1. 6. Графічне представлення технологічного процесу механічної обробки кришки.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Окіпний І.Б. – зав. каф. МТ		
Нормоконтроль	Кравець О.І. – доцент каф. ОХ		

7. Дата видачі завдання _____ 2026р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітки
1.	<u>1. Аналіз стану питання та визначення задач кваліфікаційної роботи</u>	до 01.04.2026р.	
2.	<u>2. Конструктивна частина</u>	до 15.04.2026р.	
3.	<u>3. Технологічні процеси ремонту</u>	до 25.04.2026р.	
4.	<u>4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.</u>	до 01.05.2026р.	
5.	<u>Загальні висновки.</u>	до 05.05.2026р.	
6.	<u>Перелік посилань</u>	до 10.05.2026р.	
7.			
8.	<u>1. Ескімогенератор марки Л5-ОЭК. Загальний вигляд. Ф А1.</u>	до 15.05.2026р.	
9.	<u>2. Ескімогенератор марки Л5-ОЭК. Ф А1. 3. Кінематична схема. Ф А1.</u>	до 20.05.2026р.	
10.	<u>4. Головка глазурувальна ескімогенератора марки Л5-ОЭК. Складальне креслення. Ф А1.</u>	до 20.05.2026р.	
11.	<u>5. Дозатор ескімогенератора марки Л5-ОЭК. Складальне креслення. Ф А1.</u>	до 25.05.2026р.	
12.	<u>6. Графічне представлення технологічного процесу механічної обробки кришки.</u>	до 01.06.2026р.	

Здобувачка

_____ Дзвінка І.Н.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ Пилипець О.М.

Анотація

Кваліфікаційна робота на тему: «Розроблення заходів з монтажу, експлуатації та ремонту ескімогенератора марки Л5-ОЭК»

Автор: Дзвінка Ігор Никифорович

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання удосконалення конструкції, експлуатації та ремонту ескімогенератора марки Л5-ОЭК, який використовується у технологічних лініях виробництва морозива типу ескімо.

Метою роботи є підвищення ефективності функціонування ескімогенератора марки Л5-ОЭК шляхом удосконалення його конструкції, виконання інженерних розрахунків основних вузлів, а також розроблення технологічних рішень щодо виготовлення, експлуатації та ремонту обладнання.

Для досягнення поставленої мети проведено аналіз сучасного обладнання для виробництва морозива, досліджено існуючі технології виготовлення продукції та особливості функціонування ескімогенераторів. Виконано огляд сучасних конструктивних рішень, проаналізовано технологічні процеси виробництва морозива та визначено основні напрями модернізації обладнання.

У конструкторському розділі проведено кінематичний розрахунок приводу, виконано розрахунки приводу глазурувальної головки та дозувального механізму, а також визначено основні параметри робочих органів машини.

У технологічній частині розроблено заходи щодо експлуатації та ремонту обладнання. Виконано аналіз технічних вимог до кришки глазурувальної головки та розроблено технологічний процес її виготовлення з вибором способу одержання заготовки, маршруту механічної обробки та необхідного оснащення.

Ключові слова: ескімогенератор, морозиво, глазурувальна головка, модернізація, кінематичний розрахунок, привід, ремонт, технологічний процес, кришка, обладнання харчової промисловості

					КРБ 321.00.00.000 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Дзвінка І.Т.			Анотація				Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Пилипець О.М.									
Н. контр.		Кравець О.І.							ФМТ, каф. ОХ, ст. гр. МОЗ-41		
Затверд.		Пилипець О.М.									

Abstract

Development of measures for installation, operation, and repair of an L5-OEK ice cream separator.

Author: Dzvinka Ihor

This qualification thesis addresses the improvement of the design, operation, and maintenance of the L5-OEK ice cream bar generator, which is used in technological production lines for Eskimo-type ice cream products.

The aim of the study is to enhance the operational efficiency of the L5-OEK ice cream bar generator through the improvement of its design, the performance of engineering calculations for its main assemblies, and the development of technological solutions related to the manufacture, operation, and maintenance of the equipment.

To achieve this objective, an analysis of modern ice cream production equipment was carried out, existing production technologies were investigated, and the operational characteristics of ice cream bar generators were studied. Contemporary design solutions were reviewed, technological processes of ice cream manufacturing were analyzed, and the main directions for equipment modernization were identified.

In the engineering section of the thesis, a kinematic analysis of the drive system was performed, calculations of the coating-head drive and dosing mechanism were carried out, and the principal parameters of the machine's working elements were determined.

Keywords: ice cream bar generator, ice cream, coating head, modernization, kinematic analysis, drive system, maintenance, technological process, cover, food-processing equipment.

					КРБ 321.00.00.000 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Abstract			Лім.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Дзвінка І.Т.								
Перевір.		Пилипець О.М.								
Н. контр.		Кравець О.І.								
Затверд.		Пилипець О.М.			ФМТ, каф. ОХ, см. зр. МОЗ-41					

Зміст

Вступ.....	8
1 Аналіз стану питання та визначення задач кваліфікаційної роботи.....	10
1.1 Вихідна інформація	10
1.2 Огляд сучасного обладнання для виробництва морозива	15
1.3 Аналіз існуючого виробництва	21
1.4 Огляд технологічних процесів та видів сировини	23
1.6. Мета і постановка завдань	26
2. Обґрунтування конструкції і розрахунки вузла.....	27
2.1 Обґрунтування, основний зміст і опис модернізації ескімогенератора марки Л5-ОЭК	27
2.2 Розробка конструкції ескімогенератора марки Л5-ОЭК	28
2.2.1 Конструкція ескімогенератора	30
2.2.2 Принцип роботи	34
2.2.3 Кінематичний розрахунок.....	35
2.3 Конструювання та розрахунок окремих вузлів ескімогенератора	38
2.3.1 Розрахунок приводу головки глазурувальної і дозатора ескімогенератора	38
2.3.2 Розрахунок робочих органів ескімогенератора марки Л5-ОЭК.....	46
3. Технологічні процеси виготовлення, експлуатації та ремонту ескімогенератора марки Л5-ОЭК	51
3.1. Особливості монтажу ескімогенератора	51
3.2 Розробка технології ремонту головки глазурувальної ескімогенератора....	57
марки Л5-ОЭК.....	57
3.2.1. Аналіз технічних умов кришки головки глазурувальної, що підлягає виготовленню.....	57

					КРБ 321.00.00.000 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Дзвінка І.Т.			Зміст			Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Пилипець О.М.									
Н. контр.		Кравець О.І.						ФМТ, каф. ОХ, ст. гр. МОЗ-41			
Затверд.		Пилипець О.М.									

3.2.2 Розроблення технологічного процесу виготовлення кришки глазурувальної головки ескімогенератора типу Л5-ОЭК	59
4. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці.....	77
4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів при монтажі, експлуатації та ремонті ескімогенератора Л5-ОЭК	77
4.2 Вимоги безпеки під час монтажу ескімогенератора Л5-ОЭК.....	78
Висновки до розділу	81
Загальні висновки.....	82

Вступ

Актуальність теми. Харчова галузь належить до стратегічно важливих секторів економіки, ефективність функціонування яких значною мірою визначається рівнем розвитку технологічного обладнання. Сучасне машинобудування для підприємств харчового профілю орієнтоване на створення технічних засобів із високою продуктивністю, мінімальним споживанням енергії, широкими можливостями автоматизації та підвищеною надійністю. Особлива увага приділяється вдосконаленню машин, що використовуються для виробництва продукції, до якої висуваються підвищені вимоги щодо якості, безпечності та товарного вигляду.

Серед молочних продуктів вагоме місце займає морозиво, попит на яке протягом тривалого часу залишається стабільним. Значну частину асортименту становить морозиво типу ескімо, виготовлення якого пов'язане з виконанням низки складних технологічних операцій, зокрема дозування суміші, формування виробів, їх заморожування, встановлення дерев'яних паличок та нанесення захисного шару глазури. Виконання цих процесів забезпечують ескімогенератори, які є ключовими елементами виробничих ліній.

У процесі тривалої роботи ескімогенераторів відбувається поступове спрацювання робочих органів, приводних вузлів, дозувальних механізмів і систем глазурування. Дія багаторазових навантажень, коливань температури та вплив виробничого середовища спричиняють погіршення технічного стану обладнання. Наслідком цього можуть бути зменшення продуктивності, відхилення від установлених технологічних режимів, збільшення кількості відмов і погіршення характеристик готової продукції. Тому важливого значення набувають питання підвищення довговічності окремих вузлів, удосконалення їх конструктивного виконання та впровадження раціональних методів ремонту й відновлення.

					КРБ 321.00.00.000 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Дзвінка І.Т.			Вступ			Лім.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Пилипець О.М.								
Н. контр.		Кравець О.І.						ФМТ, каф. ОХ, ст. гр. МОЗ-41		
Затверд.		Пилипець О.М.								

Одним із пріоритетних напрямів розвитку харчового машинобудування є модернізація наявних машин із мінімальними матеріальними витратами. Удосконалення конструкції найбільш відповідальних елементів дає змогу підвищити експлуатаційну надійність обладнання, скоротити тривалість вимушених простоїв, зменшити витрати на обслуговування та ремонт, а також покращити техніко-економічні показники виробництва.

Опрацювання наукових праць, патентної документації та сучасних інженерних розробок показує, що значна увага дослідників приділяється вдосконаленню обладнання для виготовлення морозива та підвищенню ефективності його роботи. Водночас питання, пов'язані з комплексним розглядом модернізації ескімогенераторів разом із розробленням технологій виготовлення, експлуатації та ремонту найбільш навантажених деталей і вузлів, висвітлені недостатньо повно. Саме це обумовлює доцільність і практичну значущість виконання даної кваліфікаційної роботи.

Об'єкт та предмет розробки

Об'єктом розробки є ескімогенератор марки Л5-ОЭК, призначений для виготовлення морозива типу ескімо в умовах промислового виробництва.

Предметом розробки є технологічні процеси виготовлення, експлуатації та ремонту його окремих вузлів і деталей, спрямовані на підвищення надійності та ефективності роботи обладнання.

					КРБ 321.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Аналіз стану питання та визначення задач кваліфікаційної роботи

1.1 Вихідна інформація

Ескімогенератор призначений для механізованого безперервного виготовлення морозива типу «ескімо», яке формується у спеціальних металевих комірках із подальшим заморожуванням, установленням палички, вийманням із форми та, за необхідності, покриттям глазур'ю. Використання такого обладнання забезпечує стабільну якість готової продукції, високу продуктивність процесу та точне дотримання технологічних параметрів виробництва.

За конструктивною схемою ескімогенератор належить до машин карусельного типу. Основним робочим вузлом установки є обертова карусель, на якій по колу розміщені формочки для надання виробу необхідної геометричної форми. Формочки встановлені радіально, що забезпечує зручність послідовного проходження всіх технологічних операцій під час обертання каруселі. Така компоновка дозволяє організувати безперервний виробничий цикл із мінімальними втратами часу між окремими стадіями оброблення продукту.

Карусель змонтована над спеціальною ванною загартування, заповненою технологічним розсолем. У процесі роботи форми з зовнішнього боку по чергово омиваються холодним та теплим середовищем залежно від етапу виробництва.

Холодний розсіл використовується для швидкого відведення теплоти від морозивної суміші та її інтенсивного заморожування. Теплий розсіл застосовується на завершальному етапі для короткочасного нагрівання стінок форми, що полегшує відокремлення готового виробу без пошкодження його поверхні.

Над каруселлю розташовано комплекс допоміжних механізмів, які синхронно взаємодіють із рухом формочок.

					КРБ 321.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	1 Аналіз стану питання та визначення задач кваліфікаційної роботи	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Дзвінка І.Т.						
Перевір.		Пилипець О.М.						
Н. контр.		Кравець О.І.						
Затверд.		Пилипець О.М.				ФМТ, каф. ОХ, ст. гр. МОЗ-41		

До них належать дозатор морозивної суміші, пристрій для автоматичного встановлення дерев'яних паличок, механізм виймання готового морозива, а також вузол глазурування. Злагоджена робота всіх механізмів забезпечує безперервність циклу та високу точність виконання кожної операції.

Під час обертання каруселі порожні форми послідовно підходять до дозувального пристрою. У цій зоні відбувається одночасне наповнення ряду форм морозивною сумішшю. Для дозування застосовується поршневий механізм об'ємного типу, який забезпечує однакову масу продукту в кожній комірці. Кількість дозувальних циліндрів відповідає числу форм, розташованих у одному радіальному ряду. Завдяки цьому досягається синхронне та рівномірне заповнення всіх форм за один робочий цикл.

Подача суміші до циліндрів і подальше її надходження у форми здійснюється за допомогою золотникового розподільного вузла. Він по чергово з'єднує робочі камери дозатора або з накопичувальним бункером, або безпосередньо з формами. Такий принцип дії дає змогу точно регулювати порції продукту та забезпечувати стабільність роботи машини навіть за значної продуктивності.

Після заповнення форми переміщуються в охолоджувальну зону, де морозивна суміш поступово втрачає тепло і збільшує свою в'язкість. На певному етапі часткового заморожування карусель підводить форми до механізму встановлення паличок. Із касети автоматично подається один ряд паличок, які занурюються в напівзаморожену масу на задану глибину. Це дозволяє забезпечити правильне центрування палички в майбутньому виробі.

Після подальшого руху каруселі продукт проходить завершальну стадію заморожування. Орієнтовно після повороту на 300° температура морозива знижується до значень близько мінус 20...23 °С. За таких умов структура продукту достатньо зміцнюється, а паличка міцно фіксується всередині виробу. Це створює необхідні умови для подальшого механічного виймання морозива з формочок.

					КРБ 321.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На наступній ділянці каруселі форми переходять у зону теплового розсолу. Короткочасне підігрівання зовнішніх стінок спричиняє незначне підтаювання тонкого поверхневого шару продукту, завдяки чому морозиво легко відокремлюється від металевої поверхні. Після цього спеціальний захоплювальний механізм бере вироби за палички та виймає їх із форм без деформації.

Якщо технологічним процесом передбачено випуск глазурованої продукції, морозиво після виймання спрямовується до ванни з шоколадною або іншою глазурною масою. Після занурення та рівномірного покриття поверхні вироби подаються на транспортувальний пристрій для подальшого охолодження та пакування. Це дозволяє розширити асортимент продукції без істотної зміни основної схеми машини.

На завершальній стадії готове морозиво надходить на фасування за температури приблизно мінус 2...3 °С. Такий температурний режим є оптимальним для збереження форми виробу, належного стану глазури та зручності виконання пакувальних операцій. У результаті використання ескімогенератора забезпечується безперервне виробництво морозива високої якості з точним дотриманням параметрів технологічного процесу.

Технічна характеристика ескімогенератора марки Л5-ОЭК

Ескімогенератор марки Л5-ОЭК належить до високопродуктивного промислового обладнання, призначеного для серійного випуску морозива типу «ескімо» з можливістю нанесення шоколадної глазури. Машина забезпечує безперервний технологічний цикл формування, заморожування, встановлення палички, виймання виробу з форми та передачі його на подальше пакування. За своїми техніко-експлуатаційними показниками дана модель відповідає вимогам підприємств середньої та великої потужності.

Продуктивність ескімогенератора становить не менше 500 кг/год, що дає змогу виготовляти значний обсяг продукції за зміну. За умови маси одного виробу 100 г машина здатна випускати приблизно 5000 порцій морозива за

					КРБ 321.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

годину. Допустиме відхилення маси окремого виробу становить $\pm 6\%$, що свідчить про достатньо високу точність роботи дозувального механізму.

Частка шоколадної глазурі у загальній масі продукту становить $20 \pm 2\%$, що забезпечує відповідність рецептурним вимогам та стабільну якість готової продукції. Розміри морозива без глазурі не перевищують таких значень: довжина 52 ± 2 мм, ширина 23 ± 2 мм, висота без палички 118 ± 2 мм, а загальна висота виробу з паличкою — 145 ± 3 мм. Такі параметри гарантують уніфікованість форми продукції та зручність фасування.

Для забезпечення процесу заморожування машина потребує значної холодопродуктивності. Максимальний розхід холоду становить $2,51 \cdot 10^5$ кДж/год. Витрата холодного розсолу перебуває в межах $25 \dots 30$ м³/год, тоді як гарячого розсолу необхідно близько 8 м³/год. Застосування двох температурних контурів забезпечує ефективне заморожування суміші та швидке виймання готового виробу з форми.

Габаритні розміри установки не перевищують: довжина 3400 мм, ширина 3400 мм, висота 1730 мм. Це дозволяє розміщувати машину у виробничих приміщеннях стандартного типу з урахуванням зон обслуговування. Загальна маса обладнання становить не більше 2600 кг, що необхідно враховувати при проектуванні фундаменту або виборі місця встановлення.

Номінальна встановлена потужність електрообладнання дорівнює $37,8$ кВт, а фактичне споживання електроенергії не перевищує $28,8$ кВт·год. Це свідчить про достатньо раціональне використання енергетичних ресурсів у процесі роботи машини.

Технологічні параметри роботи

Для роботи ескімогенератора використовуються дерев'яні палички стандарту ОСТ 13-19-83 з розмірами: довжина 95 мм, ширина 10 мм, товщина 2 мм. Такі параметри забезпечують зручність утримання виробу та надійне закріплення у морозивній масі.

Температура морозивної суміші, що надходить у дозатор, повинна бути не вищою за $-3,5$ °С. Це створює необхідні умови для швидкого формування

структури продукту в охолоджувальних формах. Ступінь збитості суміші залежить від виду морозива: для вершкового він становить 50...70 %, а для плодово-ягідного — 40...60 %. Вказані межі впливають на консистенцію, щільність та смакові властивості готового продукту.

Перед нанесенням глазури температура морозива повинна бути не вищою за -14°C , що забезпечує швидке застигання шоколадного покриття після контакту з холодною поверхнею виробу. Температура холодного розсолу підтримується на рівні не вище -40°C , а гарячого — у межах $25...30^{\circ}\text{C}$. Температура шоколадної глазури не повинна перевищувати 40°C , що дозволяє отримати рівномірне покриття без перегрівання продукту.

Загальна оцінка машини

Ескімогенератор Л5-ОЭК є високоефективною автоматизованою машиною для виробництва глазурованого морозива. Поєднання значної продуктивності, точності дозування, стабільних температурних режимів та механізації всіх основних операцій робить дану модель придатною для тривалої промислової експлуатації на підприємствах морозильної галузі.

1.2 Огляд сучасного обладнання для виробництва морозива

До технологічного обладнання, яке застосовується у виробництві морозива типу «ескімо», належать ескімогенератори та комплексні виробничі лінії, до складу яких входять дозувальні пристрої, системи транспортування продукту, загартувальні шафи, глазурувальні вузли та пакувальні механізми. Використання спеціалізованого обладнання забезпечує безперервність процесу, стабільну якість продукції та високий рівень механізації виробництва.

Ескімогенератор за конструктивним виконанням відноситься до машин карусельного типу. Основним робочим вузлом такої установки є обертова карусель, на якій радіально розташовані формочки для заморожування морозивної маси. Саме карусель забезпечує послідовне проходження виробом

усіх стадій технологічного циклу — від дозування суміші до виймання готового продукту.

Карусель змонтована на спеціальній гартувальній ванні таким чином, що зовнішні поверхні форм під час обертання по чергово контактують із холодним та теплим розсолом. Охолоджений розсіл використовується для інтенсивного відведення теплоти від морозивної суміші та її заморожування. Теплий розсіл застосовується на завершальній стадії циклу для короткочасного підігрівання стінок форми, що полегшує відокремлення готового виробу без пошкодження його поверхні. Схема ескімогенератора наведена на рис. 1.1.

Над каруселлю розташовані основні допоміжні механізми, які працюють синхронно з рухом формочок. До них належать дозатор морозивної суміші, пристрій для автоматичного встановлення паличок, механізм виймання готового морозива з форм, а також вузол глазурування виробів. Узгоджена робота цих систем забезпечує безперервний режим роботи машини.

Під час обертання каруселі порожні форми надходять у зону дозування, де відбувається одночасне наповнення всіх формочок одного радіального ряду. Для подачі суміші використовується дозатор об'ємного типу з циліндро-поршневим принципом дії. Кількість робочих циліндрів відповідає числу форм у радіальному ряду каруселі, що дозволяє здійснювати точне та рівномірне заповнення за один цикл.

Перемикання потоків суміші виконується золотниковим механізмом, який по чергово сполучає дозувальні циліндри або з живильним бункером, або безпосередньо з формочками. Така схема забезпечує стабільність дозування та високу продуктивність обладнання.

Після заповнення форми переміщуються в охолоджувальну зону. У процесі зниження температури морозивна суміш поступово густішає, а її в'язкість зростає. Коли продукт досягає необхідного стану часткового заморожування, формочки підходять до паличкозабивального механізму. Із касети автоматично відокремлюється один ряд паличок, після чого вони вводяться у морозивну масу на задану глибину.

Після подальшого повороту каруселі приблизно на 300° відбувається остаточне заморожування продукту до температури близько мінус $20...23^\circ\text{C}$. За таких умов паличка надійно з'єднується з морозивною масою, що створює можливість подальшого механічного виймання виробу з форми та передачі його на наступні технологічні операції.

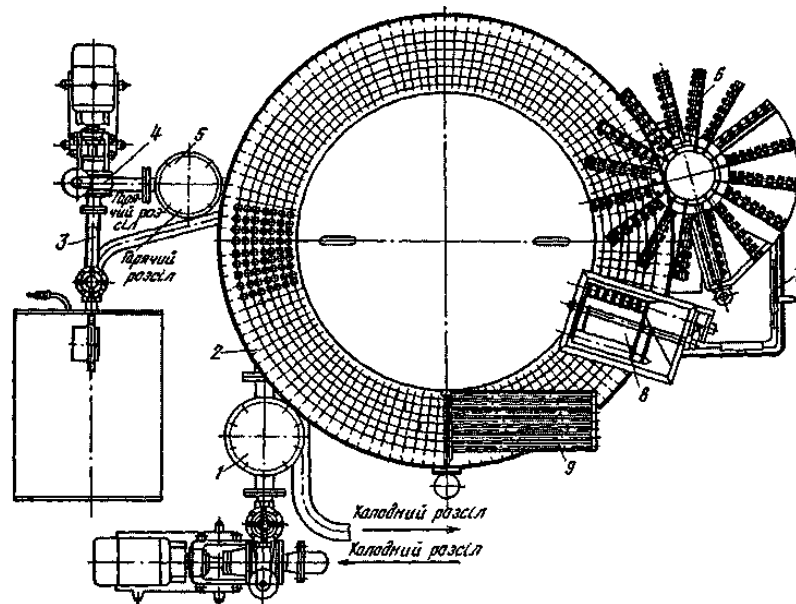


Рисунок 1.1. Схематичне зображення ескімогенератора карусельного виконання

- 1 — резервуар для мастильного матеріалу; 2 — ванна загартування;
 3 — трубопроводи подачі холодного та нагрітого розсолу; 4 — циркуляційний насос; 5 — водонагрівальний бойлер для підігрівання розсолу; 6 — знімний вузол нанесення глазури; 7 — жолоб для відведення готової продукції;
 8 — дозувальний пристрій поршневого типу; 9 — механізм установлення паличок.

Після завершення основного заморожування формочки переходять у зону з підігрітим розсолом, де відбувається короткочасне прогрівання зовнішньої поверхні металевих стінок. Унаслідок цього виріб частково відділяється від форми та легко виймається без пошкодження геометрії. Далі захоплювальний механізм фіксує морозиво за палички й переносить його з каруселі на наступну операцію.

Під час виготовлення глазурованої продукції вироби занурюють у ванну з рідкою глазурною масою, після чого направляють на охолодження та подальше пакування. На фасувальну ділянку морозиво надходить за температури приблизно мінус 2...3 °С, що сприяє стабільності форми та якісному загортанню в пакувальний матеріал. Для нормальної роботи обладнання температура охолодженого розсолу зазвичай підтримується в межах мінус 35...40 °С.

Для промислового випуску широкого асортименту морозива також застосовують екструзійні комплекси серії IGLO-LDSTE, призначені для попереднього загартування різних видів продукції. На таких лініях виготовляють морозиво на паличці, ріжки, сендвічі, батончики, рулети та інші вироби. Формування продукту може здійснюватися кількома способами: видавлюванням маси на підноси, порційним дозуванням спеціальними дозаторами або методом безперервної екструзії.

Після попереднього заморожування продукція може покриватися глазур'ю, проходити стадію стабілізації та надходити на пакування. Крім того, лінії можуть використовуватись для охолодження і загортання виробів, виготовлених на іншому обладнанні. Як пакувальний матеріал застосовують полімерні плівки, металізовані матеріали, фольгу або харчовий папір у рулонах із поздовжнім і поперечним запаюванням.

У базовому виконанні зазначені лінії орієнтовані на випуск морозива на паличці різної конфігурації та смакових поєднань: одношарового, двокомпонентного або багатошарового. Також передбачена можливість нанесення шоколадної глазури чи фруктових покриттів типу «Solero». За потреби комплектація може доповнюватися дозаторами порційного типу, насосами для шоколаду з горіховими добавками, резервуарами для підготовки глазури, вузлами виготовлення сендвічів, кошиками для підносів, пристроями глазурування виробів без палички, а також екструзійними головками для формування продукції типу «твістер» або міні-десертів. Остаточна конфігурація обладнання визначається відповідно до виробничих вимог замовника.

Робота лінії здійснюється в автоматичному режимі за допомогою сучасної системи керування. У процесі виготовлення морозива на паличці машина автоматично відрізає сформовану порцію, укладає її на транспортер підносів та одночасно встановлює паличку. Підноси надходять у тунель загартування, де продукція перебуває при низькій температурі заданий проміжок часу. Після виходу з тунелю вироби перехоплюються спеціальним затискним транспортером і переміщуються до ванни з глазур'ю. Далі надлишок покриття стікає, глазур твердне, а готовий продукт подається на пакувальний автомат.

Конструктивно обладнання виготовляють із корозійностійких матеріалів. Основні несучі елементи виконують із нержавіючої сталі та алюмінієвих сплавів. Деталі, які безпосередньо контактують із харчовим продуктом, виробляють зі сталі марки AISI 304, дозволеної для харчового виробництва.

Лінія типу IGLO-LME зазвичай включає екструзійний або дозувальний модуль, станцію введення паличок, транспортер підносів і тунель загартування. Для автоматизації роботи може застосовуватись система керування промислового типу BERNECKER & RAINER. Пакувальний агрегат RAPID складається з несучої рами, ланцюгового транспортера, механізму подачі пакувального матеріалу, вузла різання, приводу конвеєра, пульта оператора та сервоприводів.

Для випуску морозива складної просторової форми використовують лінії типу «Формлайн». У такому обладнанні форми розташовані рядами між двома тяговими ланцюгами, утворюючи безперервну транспортувальну стрічку. Вона проходить через зону заповнення сумішшю, ділянку встановлення паличок та тунель загартування. Після завершення охолодження форми подаються на стадію розморожування, де вироби виймаються завдяки розкриванню формувальних елементів. Охолодження форм здійснюється потоками холодного повітря.

Одним із варіантів такого обладнання є апарат із вертикально розташованим конвеєром. Його корпус збирається з окремих панелей, з'єднаних

стяжними елементами. Усередині розміщені випарник, вентилятор і вертикальний транспортер. Для зручності технічного обслуговування конвеєр може висуватися з камери по допоміжних напрямних рейках.

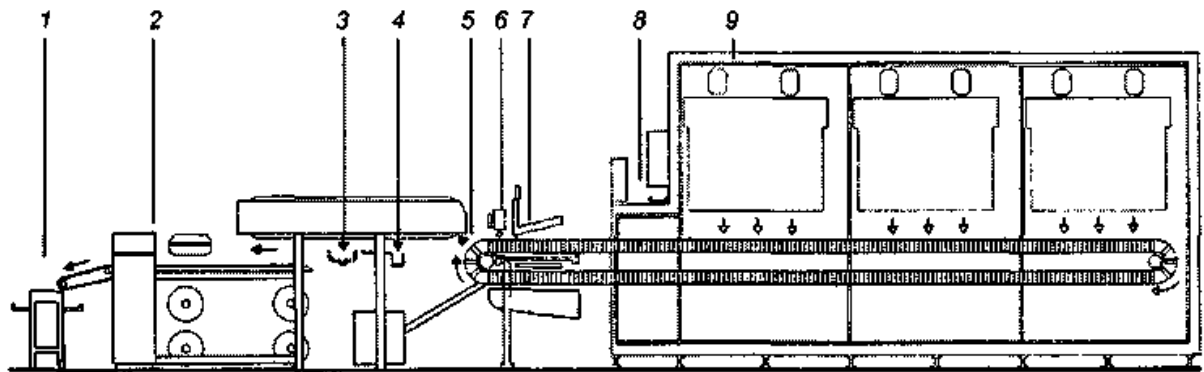


Рис. 1.2 Лінія «Формляйн»

1 — пакований виріб; 2 — багаторядний автомат загортання; 3 — ванна для занурювальної операції; 4 — вузол нанесення шоколадного покриття; 5 — механізм вилучення готової продукції; 6 — станція дозованого наповнення форм; 7 — пристрій установлення паличок; 8 — шафа керування та панель оператора; 9 — тунель попереднього загартування.

Брикети морозива, розміщені у люльках, подаються до гартувальної камери за допомогою транспортера 1. У процесі переміщення конвеєром через охолоджувальну зону вироби інтенсивно обдуваються потоками холодного повітря, яке надходить від випарних батарей холодильного агрегату. Завдяки цьому відбувається остаточне тверднення продукту та стабілізація його структури.

Тривалість перебування морозива в камері становить орієнтовно 30...45 хвилин. За цей час температура брикетів знижується до рівня приблизно мінус 12...15 °С. Температура кипіння аміаку у випарниках підтримується близько мінус 33 °С, тоді як повітряне середовище всередині апарата має температуру близько мінус 28 °С. Такий режим забезпечує ефективне загартування продукції перед подальшим пакуванням і зберіганням.

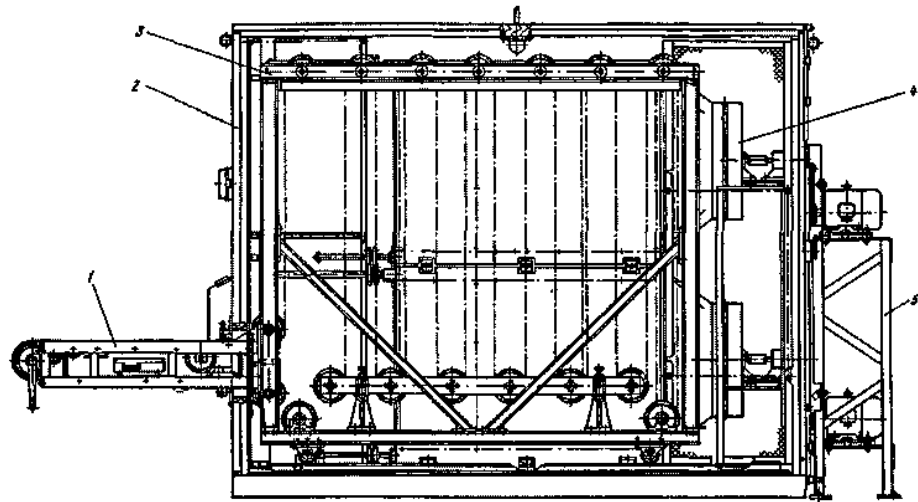


Рисунок 1.3. Гартувальний апарат з вертикальним конвеєром
 1 —транспортер для введення продукту; 2 —камера охолодження;
 3 —стрічковий конвеєр; 4 —вентилятор; 5 —рама.

1.3 Аналіз існуючого виробництва

До базових технологічних операцій, які застосовуються під час виготовлення всіх видів морозива, у тому числі продукції типу «ескімо», належить комплекс послідовних процесів, спрямованих на отримання безпечного та якісного харчового продукту. До основних стадій виробництва відносять:

- теплову обробку суміші (пастеризацію);
- очищення суміші шляхом фільтрування;
- гомогенізацію для рівномірного розподілу жирової фази;
- охолодження та витримування суміші з метою дозрівання;
- фризрування і заморожування;
- фасування готового продукту та його загартування;
- зберігання в низькотемпературних умовах.

Виготовлення продукції на підприємстві здійснюється із застосуванням ескімогенератора моделі Л5-ОЭК, а також автоматизованої лінії серії IGLO-

LDSTE. Таке поєднання обладнання дозволяє випускати широкий асортимент морозива різних форм, смакових характеристик та способів пакування.

До групи продукції типу «ескімо» належать такі найменування:

- молочне морозиво з наповнювачем «Стоп наркотик»;
- шоколадне морозиво без наповнювача в шоколадній глазурі «Каштан»;
- плодово-ягідний продукт із відповідним наповнювачем;
- пломбір класичний без добавок «Справжній пломбір»;
- пломбір шоколадний з наповнювачем;
- вершкове морозиво у шоколадній глазурі «Ескімо»;
- вершкове морозиво у глазурі типу білий шоколад.

Морозиво на паличці характеризується такими основними параметрами:

1. Номінальна маса готового виробу з глазур'ю — 100 г.
2. Допустиме відхилення маси окремої порції — ± 6 %.
3. Частка шоколадного покриття від маси продукту — 20 ± 2 %.
4. Максимальні габарити брикету без глазури:
 - довжина — 52 ± 2 мм;
 - ширина — 23 ± 2 мм;
 - висота без палички — 118 ± 2 мм;
 - висота разом із паличкою — 145 ± 3 мм.

Для формування виробів використовують дерев'яні палички стандартного виконання з такими розмірами:

- довжина — 96 мм;
- ширина — 10 мм;
- товщина — 2 мм.

Основним видом продукції, що виготовляється на лінії IGLO-LDSTE, є морозиво у вафельному або паперовому стаканчику. Разом із тим зазначене обладнання дає можливість випускати ріжки, сендвічі, батончики, рулети та інші десертні вироби.

До асортименту морозива у стаканчику входять:

- молочне без добавок «Морозко»;
- молочне з родзинками «Білосніжка»;
- пломбір без наповнювачів «Справжній пломбір»;
- пломбір шоколадний з наповнювачем;
- молочне морозиво типу «Ріжок».

Продукція у стаканчику має такі нормовані характеристики:

1. Загальна маса виробу разом зі стаканчиком — 100 г.
2. Допустиме відхилення маси порції — ± 6 %.
3. Частка маси стаканчика від загальної маси — 35 ± 2 %.
4. Основні розміри тари та продукту:
 - діаметр стаканчика — 64 ± 2 мм;
 - висота виробу — 92 ± 2 мм.

Застосування сучасного обладнання та дотримання технологічних параметрів дозволяє забезпечити стабільну якість морозива, точність дозування, належні органолептичні властивості та відповідність готової продукції встановленим вимогам.

1.4 Огляд технологічних процесів та видів сировини

До основних технологічних етапів виробництва морозива, зокрема продукції типу «ескімо», відносять послідовність операцій, які забезпечують формування заданих структурно-якісних показників готового продукту. До таких стадій належать: пастеризаційна обробка суміші, подальше очищення шляхом фільтрації, гомогенізація жирової фази, охолодження з витримкою для дозрівання, процес заморожування, фасування з одночасним загартуванням, а також низькотемпературне зберігання готової продукції.

Якість морозива регламентується низкою органолептичних і мікробіологічних вимог. Смакові та ароматичні властивості повинні бути чистими, вираженими та характерними для конкретного виду виробу і використаної сировини, без сторонніх присмаків і запахів. Консистенція має

бути рівномірною по всій масі продукту, без наявності кристалів льоду, жирових грудочок або нерозчинених стабілізаторів, достатньо щільною та однорідною. Колір повинен відповідати типу морозива та бути рівномірним по всьому об'єму, за винятком продукції з додаванням фруктів, ягід, горіхів або мармурових композицій, де допускається природна неоднорідність забарвлення.

З мікробіологічної точки зору морозиво не повинно містити патогенних і токсигенних мікроорганізмів, зокрема сальмонел і стафілококів. Допустимий рівень кишкової палички встановлюється не нижче 0,3 титру, а загальна мікробна обсімененість не повинна перевищувати 100 тис. клітин у 1 мл продукту будь-якого виду.

За харчовою та біологічною цінністю морозиво належить до продуктів з високою енергетичною та поживною цінністю. У його складі містяться вуглеводи (приблизно 14 % у молочно-вершкових видах і до 30 % у фруктових-ягідних), жири (від 2,8–3,5 % у молочному до 15–17 % у пломбірі), білкові компоненти (3,5–4,5 % у вигляді казеїну та сироваткових білків), мінеральні речовини (до 0,7 %), а також вітаміни. Енергетична цінність залежно від виду становить приблизно 5600–6100 кДж/кг для молочних і фруктових сортів, до 8300 кДж/кг для вершкових і до 13 000 кДж/кг для пломбіру.

Для морозива на молочній основі (молочне, вершкове, пломбір) як базову сировину використовують різні молочні компоненти: цільне та знежирене молоко кислотністю не вище 18 °Т, згущене молоко з цукром і без нього, сухі молочні продукти, вершки різної жирності, сухі суміші для морозива, молочну сироватку, а також вершкове масло. Вміст сухого знежиреного молока в готовому продукті обмежується: до 50 кг на 1 т для молочного морозива, 35 кг — для вершкового та 20 кг — для пломбіру. Перевага надається сухому молоку розпилювального сушіння, яке має кращу розчинність і технологічні властивості.

Цукор є обов'язковим компонентом усіх видів морозива, оскільки виконує не лише смакоутворюючу функцію, але й впливає на фізико-хімічні властивості системи. Зниження температури замерзання за рахунок цукру перешкоджає

утворенню великих кристалів льоду під час фризеравання, що забезпечує більш ніжну та однорідну структуру продукту.

Температура замерзання сумішей залежить від сумарної молярної концентрації розчинених речовин, зокрема сахарози, лактози та мінеральних солей. Інші компоненти впливають опосередковано, заміщаючи воду та підвищуючи концентрацію розчину. У деяких видах фруктових морозива використовують альтернативні підсолоджувачі — патоку, глюкозу, кукурудзяний сироп, мед, сорбіт і ксиліт (для дієтичних продуктів). Глюкоза має нижчу молекулярну масу порівняно із сахарозою, тому сильніше впливає на зниження температури замерзання, однак повна її заміна цукру технологічно недоцільна.

Важливою складовою рецептури є стабілізатори — гідрофільні колоїдні речовини, які зв'язують вільну воду, підвищують в'язкість суміші та сприяють формуванню стабільної структури морозива. До них відносять желатин, агар, агароїд, альгінати, пектин, модифіковані крохмалі, метилцелюлозу та інші полімерні системи. Вони покращують консистенцію та підвищують стійкість продукту до танення.

Зокрема, желатин попередньо набухає у холодній воді, після чого вводиться у вигляді розчину при температурі не вище 65–70 °C. Агарові речовини здатні зв'язувати значну кількість води та використовуються у менших концентраціях. Пектин застосовується переважно у фруктових морозивах через високу кислотостійкість і хорошу желуючу здатність.

Крім стабілізаторів, у виробництві використовують смакові та ароматичні добавки: какао, кавові екстракти, ванілін, горіхи, есенції, органічні кислоти, алкогольні компоненти, а також кондитерські вироби. Горіхи попередньо підсмажують і подрібнюють, какао-порошок застосовують для отримання шоколадних видів морозива. Фруктові наповнювачі підвищують харчову цінність продукту та збагачують його вітамінно-мінеральний склад.

1.6. Мета і постановка завдань

Метою кваліфікаційної роботи є розроблення комплексу технічних та організаційних заходів щодо монтажу, експлуатації та ремонту ескімогенератора марки Л5-ОЭК для забезпечення його надійної, безпечної та економічно ефективної роботи в умовах промислового виробництва морозива.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

Провести аналіз сучасного стану обладнання для виробництва морозива та визначити місце ескімогенератора Л5-ОЭК у технологічній лінії.

Розглянути конструкцію, принцип роботи та технічні характеристики ескімогенератора марки Л5-ОЭК.

Проаналізувати кінематичну схему машини та виконати необхідні кінематичні розрахунки приводу основних механізмів.

Дослідити умови експлуатації обладнання та визначити фактори, що впливають на його надійність і довговічність.

Встановити характерні причини виникнення несправностей і відмов основних вузлів ескімогенератора.

Розробити заходи щодо монтажу обладнання, включаючи вибір способу транспортування, встановлення та підключення до інженерних комунікацій.

Розробити технологічний процес ремонту одного з найбільш відповідальних вузлів ескімогенератора та технологію виготовлення або відновлення його деталей.

Об'єкт розробки — ескімогенератор марки Л5-ОЭК, призначений для виробництва морозива типу ескімо.

Предмет розробки — технічні рішення та організаційні заходи щодо монтажу, експлуатації, технічного обслуговування і ремонту ескімогенератора Л5-ОЭК, спрямовані на підвищення його надійності та ефективності роботи.

2. Обґрунтування конструкції і розрахунки вузла

2.1 Обґрунтування, основний зміст і опис модернізації ескімогенератора марки Л5-ОЭК

Необхідність модернізації ескімогенератора марки Л5-ОЭК зумовлена вимогами сучасного ринку морозива, зокрема потребою розширення асортименту продукції та підвищення гнучкості виробничого обладнання. Існуюча конструкція машини забезпечує стабільний випуск стандартних виробів, однак обмежує можливості формування продукції різної геометрії без суттєвої зміни технологічної лінії.

Запропоновані удосконалення спрямовані насамперед на модернізацію дозувального вузла як одного з ключових елементів технологічного процесу. Саме цей вузол визначає точність формування порцій, стабільність маси виробів та можливість адаптації обладнання до різних типів форм. У межах модернізації передбачено забезпечення випуску якісної продукції при збереженні або покращенні техніко-економічних показників роботи установки.

Основною конструктивною зміною є впровадження змінної плити з дозувальними трубками, яка забезпечує розподіл морозивної маси по формуючих елементах. Дана плита виконується у вигляді змінного модуля і встановлюється замість штатного елемента дозатора. Її монтаж і демонтаж здійснюється за допомогою стандартного кріплення (шести болтових з'єднань), що дозволяє швидко переходити між різними режимами виробництва без складної переналаштування обладнання.

Додатково передбачено виготовлення комплекту формочок зміненої конфігурації, що дозволяє отримувати вироби нових форм і розмірів. При цьому як стандартна, так і модернізована дозувальна плита можуть працювати як з

					КРБ 321.00.00.000 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Дзвінка І.Т.			2. Обґрунтування конструкції і розрахунки вузла			Літ.		Арк.	Аркушів
Перевір.		Пилипець О.М.									
								ФМТ, каф. ОХ, ст. гр. МОЗ-41			
Н. контр.		Кравець О.І.									
Затверд.		Пилипець О.М.									

базовими формами, так і з удосконаленими, що забезпечує універсальність використання обладнання.

Запропоноване рішення дозволяє значно підвищити технологічну гнучкість ескімогенератора без кардинальної перебудови всієї машини. Це досягається за рахунок модульного принципу модернізації, який забезпечує швидку зміну конфігурації дозувального вузла та адаптацію до різних видів продукції.

У результаті впровадження даної модернізації досягається розширення асортименту морозива, зменшення витрат на переоснащення виробництва та підвищення ефективності використання ескімогенератора Л5-ОЭК у промислових умовах.

2.2 Розробка конструкції ескімогенератора марки Л5-ОЭК

Ескімогенератор марки Л5-ОЭК призначений для промислового виготовлення морозива типу «ескімо» з повним автоматизованим циклом формування, заморожування, виймання та подальшої обробки продукції. Робочий процес машини включає низку послідовних технологічних операцій, що виконуються синхронно або з узгодженими інтервалами.

Основними стадіями роботи ескімогенератора є:

- дозоване формування порції морозивної маси;
- автоматичне встановлення паличок у продукт;
- етапи часткового та остаточного заморожування;
- вилучення готового виробу з формувальних елементів;
- транспортування морозива до зони глазурування;
- занурення виробів у глазурувальну ванну;
- передача продукції до транспортної системи пакувального обладнання;
- укладання готових виробів на пакувальний транспортер.

Формування порцій морозива здійснюється за допомогою дозувального вузла, який забезпечує точне відмірювання заданого об'єму продукту та його подачу у форми.

Процеси часткового охолодження та подальшого повного заморожування відбуваються безперервно під час обертання карусельного механізму з формочками. У цьому процесі форми послідовно проходять зону інтенсивного охолодження, де їх поверхня контактує з холодним розсолом, що забезпечує поступове тверднення морозивної маси.

Відокремлення продукту від поверхні форми забезпечується на ділянці теплового розсолу, де відбувається короткочасне підігрівання зовнішнього шару та полегшується подальше вилучення виробу без механічних пошкоджень.

Встановлення паличок у частково заморожену масу виконується спеціальним паличкозабивним механізмом, який працює синхронно з рухом каруселі та забезпечує точне позиціонування елементів.

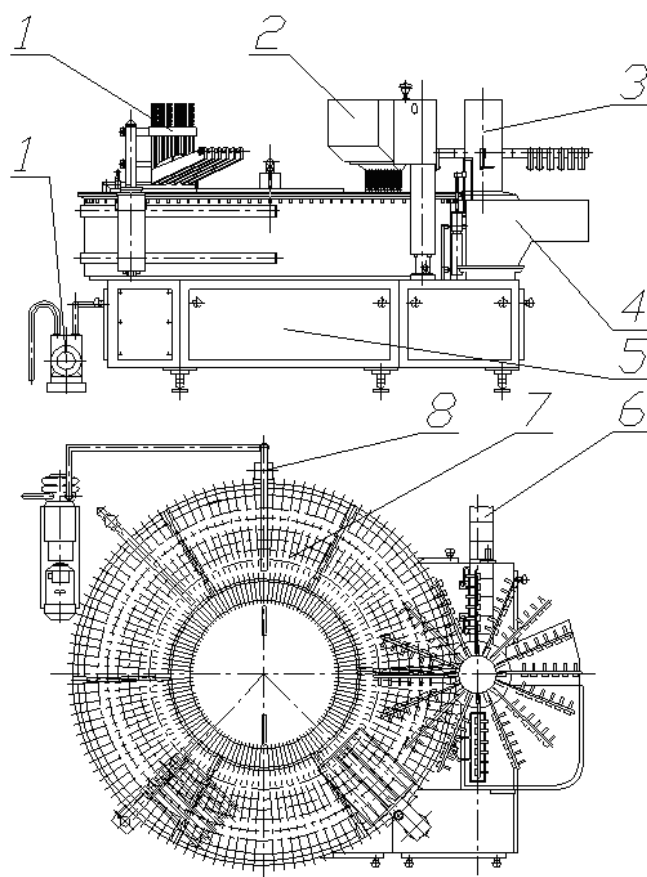


Рис. 3.1. Загальний вигляд ескімогенератора марки Л5-ОЭК:

- 1 — вакуумний агрегат; 2 — система дозування; 3 — вузол глазурування;
4 — ємність для глазури; 5 — блок керування; 6 — пакувальний транспортер;
7 — карусельний механізм із формами; 8 — пристрій видалення вологи;
9 — вузол мийки.

Подальші операції — переміщення продукції до глазурувальної ванни, занурення у покриття, вилучення, транспортування до пакувального обладнання та укладання на конвеєр — здійснюються за допомогою глазурувальної головки. Вона також виконує функцію керування рухом карусельного вузла з формами, забезпечуючи узгоджену роботу всіх механізмів.

Привід дозувального та глазурувального вузлів реалізується через єдину станцію керування. У її складі розміщено приводний вал, систему важільних механізмів, гідророзподільник, а також елементи керування паличкозабивним пристроєм і допоміжними виконавчими механізмами. Крім того, ця система забезпечує синхронну роботу дозатора, рух поршнів та узгоджене функціонування всього технологічного циклу машини.

2.2.1 Конструкція ескімогенератора

СТАНЦІЯ КЕРУВАННЯ

Станція керування являє собою вузол, у складі якого розміщено гідропривідну систему, механізми керування, ємність для підігрітого розсолу з насосним агрегатом, а також магістралі для циркуляції теплоносія.

Конструктивно вона виконана у вигляді зварної рами, поєднаної з литим корпусом із чавуну. Обидві частини з'єднані кріпильними елементами. Вся конструкція встановлюється на регульовані опори, що дозволяє виконувати точне вирівнювання по висоті. Для доступу до внутрішніх вузлів передбачено облицювальні панелі.

Привід ескімогенератора Л5-ОЭК працює від пакувальної машини Л5-ОЗЛ через карданну передачу. Робоча частота обертання головного вала становить приблизно $0,25\text{ с}^{-1}$ (близько 15 об/хв).

На приводному валу розміщено кілька кулачкових елементів, кожен із яких відповідає за окрему функцію: переміщення механізму глазурування,

обертання каруселі, керування гідророзподільними пристроями, а також вертикальні переміщення дозувального вузла.

Гідросистема включає насос Г11-24, фільтруючий елемент 0,2Г41-14, запобіжний клапан Г52-14 і два розподільники типу Р102 ЕМ 574 АР. Усі вони з'єднані трубопроводами в єдину систему. Додатково в корпусі розташовано резервуар для нагріву розсолу та відцентровий насос КМ8/18.

Через колектор виконується одночасна подача та відведення гарячого теплоносія до різних контурів системи.

На станині також закріплені основні робочі вузли: глазурувальний блок, ванна для глазури та елементи розподілу розсолу.

КАРУСЕЛЬ

Карусель є основним носієм форм для морозива і складається з секцій із нержавіючої сталі, об'єднаних у єдину конструкцію через формотримачі та з'єднувальні елементи.

У загальній системі передбачено 120 радіальних позицій із формочками, розміщеними у декілька рядів. По периферії розташовані елементи зачеплення, які забезпечують переривчастий поворот каруселі.

Під час роботи форми послідовно проходять зону інтенсивного охолодження, де продукт твердне, а потім ділянку підігріву, де відбувається часткове відтаювання поверхневого шару.

Щоб запобігти витіканню продукту, у місцях стиків встановлені ущільнювальні гумові прокладки.

Карусель спирається на опорні ролики та напрямні елементи, закріплені на корпусі розподільника розсолу. Величина робочого зазору між вузлами підтримується в межах 5–6 мм.

РОЗПОДІЛЬНИК РОЗСОЛУ

Цей вузол виконує функцію керування потоками холодного та гарячого теплоносія. Його основою є кільцеподібний піддон із подвійними стінками, простір між якими заповнений теплоізоляційним матеріалом.

Зовнішня частина обладнана напрямними для встановлення допоміжних пристроїв (мийного, осушувального та паличкозабивного). Внутрішній простір розділений на окремі температурні зони.

Щоб уникнути змішування потоків, на розділювальних перегородках встановлено ущільнювальні елементи.

Холодний розсіл після охолодження подається через фільтраційний вузол у зону омивання форм, де під тиском рівномірно розподіляється по поверхні. Надлишок рідини повертається в систему циркуляції через дренажні канали.

Гаряча зона працює аналогічно, забезпечуючи короткочасне підігрівання поверхні форм для подальшого відокремлення продукту.

Рівень теплоносія автоматично підтримується переливною системою, а аварійне відключення насоса здійснюється датчиком мінімального рівня.

ДОЗАТОР

Дозувальний вузол призначений для подачі точно визначених порцій морозивної суміші у форми.

Корпус дозатора закріплений на станині та має можливість фіксації в кількох положеннях для точної орієнтації відносно каруселі.

Бункер розділений на дві незалежні камери, що дозволяє працювати з різними видами сумішей або створювати багатошаровий продукт.

Поршнева система працює циклічно: при підйомі відбувається заповнення камер, а при зворотному ході — видача дози у форми.

Перемикання потоків здійснюється поворотним механізмом, що приводиться в дію гідравлічною системою. Об'єм дози регулюється зміною ходу поршня.

ПАЛИЧКОЗАБИВАЛЬНИЙ МЕХАНІЗМ

Пристрій призначений для встановлення дерев'яних паличок у напівзаморожене морозиво. Його положення регулюється залежно від ступеня твердіння продукту, щоб забезпечити правильне занурення палички без її

зміщення. Конструкція кріпиться до основних напрямних і може змінювати робоче положення для виведення із робочої зони. Палички подаються через направляючі канали, після чого механічний привід забезпечує їхнє заглиблення у продукт за рахунок зусилля гідроциліндра.

ГОЛОВКА ГЛАЗУРУВАЛЬНА

Цей вузол виконує комплекс операцій: захоплення готових виробів, їх транспортування до глазурувальної ванни, занурення в покриття, подальше виймання та подачу на пакувальний транспортер. Робоча система включає обертовий механізм із штангами, на яких закріплені захватні елементи для утримання виробів за паличку. Переміщення вузлів синхронізується кулачковими механізмами приводу.

ВАННА ДЛЯ ГЛАЗУРУВАННЯ

Ємність призначена для утримання розплавленої глазури та забезпечення стабільної температури процесу покриття. Конструкція має двошарову стінку з теплоносієм, що дозволяє підтримувати заданий тепловий режим. Підіймання та занурення виробів здійснюється гідроприводом. Нагрівання здійснюється електричними елементами через проміжний теплоносій, а температура регулюється автоматично.

МИЙНИЙ ПРИСТРІЙ

Система призначена для очищення форм після виробничого циклу. Вона складається з трубчастого розпилювача з отворами, який подає мийну рідину під тиском. Для зменшення розбризкування встановлено захисні елементи. Після завершення циклу вузол виводиться із робочої зони.

ОСУШУВАЧ

Пристрій видаляє залишки води після миття форм. Вакуумна система через спеціальні канали відсмоктує рідину з внутрішніх порожнин форм. Після завершення процесу вузол переміщується в початкове положення, а карусель продовжує цикл.

ТРУБОПРОВОДИ

Система магістралей забезпечує подачу та відведення робочих рідин у гідросистемі. З'єднання виконані через стандартні з'єднувальні елементи (штуцери, муфти, ущільнення).ь Передбачено кілька регулювальних вентилів, які дозволяють ізолювати або підключати окремі гідравлічні контури під час роботи чи обслуговування.

2.2.2 Принцип роботи

Карусельний вузол із формочками здійснює переривчастий обертальний рух, у процесі якого послідовно проходяться технологічні зони заморожування та відтаювання.

На початку ділянки інтенсивного охолодження форми надходять у зону дозування, де під час зупинки механізму відбувається одночасне заповнення шести осередків визначеною порцією морозивної маси.

У міру подальшого переміщення по колу продукт частково твердне. На наступному етапі він потрапляє в область встановлення паличок, де під час технологічної паузи синхронно виконується введення шести паличок у відповідні форми.

Далі, під час проходження зони глибокого охолодження, відбувається повне закріплення структури морозива. Після цього вироби переходять у ділянку контрольованого підігріву поверхні, де тонкий зовнішній шар піддається частковому відтаюванню, що полегшує подальше вилучення продукції.

Виймання готових виробів здійснюється захватним механізмом, який утримує їх за палички, після чого ряд виробів у вигляді «ескімо» транспортується до вузла покриття.

Процес глазурування виконується шляхом занурення виробів у ванну з шоколадною масою, що реалізується координованим рухом: захвати опускаються вниз, тоді як ємність із глазур'ю одночасно піднімається.

Після покриття глазур'ю виконується зворотна операція — захватний механізм підіймає вироби, а ванна повертається у вихідне положення.

Далі глазуровані вироби передаються на скидач, де відбувається їх звільнення від захватів і подача на лотковий транспортер пакувального автомата.

Порожні форми після розвантаження знову потрапляють у зону дозування, після чого технологічний цикл повторюється.

2.2.3 Кінематичний розрахунок

Кінематичну схему формують на етапі проєктування нових машин або під час модернізації вже існуючого обладнання. Вона слугує базовою вихідною документацією для виконання подальших кінематичних і силових розрахунків.

За своєю суттю кінематична схема є умовним графічним відображенням у площині або просторі всіх робочих механізмів та їхніх ланок. Вона дозволяє простежити послідовність з'єднання елементів, характер їх взаємодії, а також структуру кінематичних зв'язків між складовими машини.

Схематичне зображення кінематичної будови ескімогенератора подано на рис. 2.3.

Кутова швидкість обертання ведучого вала визначається як:

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n_1}{30} \text{ рад/с}$$

де n - частота обертання привідного вала; $n=15\text{об/хв.}$;

Тоді буде:

$$\omega_1 = \frac{3,14 \cdot 15}{30} = 1,57 \text{ рад/с}$$

Визначимо передаточне відношення для зубчастого зачеплення, у якому кількість зубців на відповідних колесах становить: для першого елемента $z_1=19$, для другого $z_2=19$, а для проміжного або веденого колеса $z=38$.

У результаті розрахунку отримуємо значення передаточного числа:

$$i_{1-3} = \frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{z_3}{z_2} = \frac{19}{19} \cdot \frac{38}{19} = 2$$

Кутова швидкість веденого вала:

$$\omega_n = \frac{\omega_u}{2} = \frac{1.57}{2} = 0,785 \text{ рад/с}$$

Кінематична схему приведена на рис. 2.2

2.3 Конструювання та розрахунок окремих вузлів ескімогенератора

2.3.1 Розрахунок приводу головки глазурувальної і дозатора ескімогенератора

Ступиця, виготовлена зі сталі, фіксується на валу за допомогою шпонкового з'єднання. Для забезпечення передавання крутного моменту обрано призматичну шпонку із закругленими кінцевими частинами. Основні геометричні характеристики такого з'єднання наведено на рисунку 2.4.

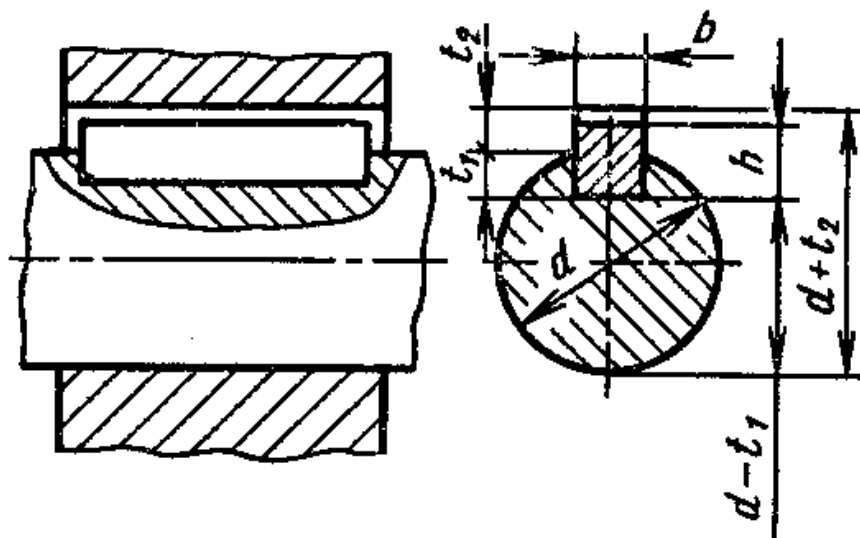


Рисунок 2.4 Ескіз шпонкового з'єднання.

Визначаємо геометричні параметри шпонки, розміри пазів та її робочу довжину. Для розрахунку шпонкового з'єднання приймаємо матеріал шпонки — нормалізована сталь 45. Номінальне значення крутного моменту, що передається через з'єднання, становить $T=320$ Н·м. Характер навантаження змінний, із різкими коливаннями.

За діаметром вала $d=110$ мм відповідно до вимог стандарту обираємо такі параметри з'єднання: ширина шпонки $b=28$ мм, висота $h=16$ мм, глибина шпонкового паза на валу $t_1=10$ мм, а в маточині $t_2=6,4$ мм (табл. 8.9, с. 169).

Довжину шпонки приймаємо на 10 мм меншою за довжину ступиці. Після округлення до найближчого стандартного значення отримуємо $l=63$ мм. Для сталеві маточини допустиме напруження зминання приймається $[\sigma]=100$ МПа.

Подальший розрахунок включає визначення фактичного напруження зминання та перевірку виконання умови міцності з'єднання:

$$\sigma_{зм}^{max} \approx \frac{2T}{d(h-t_1)(l-b)} \leq [\sigma]_{зм}$$

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot 220 \cdot 10^3}{110(16-10)(63-28)} = 97,5 \text{ МПа}$$

Отримане значення напруження зминання становить 97,5 МПа, що є меншим за допустиме значення $[\sigma]=100$ МПа, отже умова працездатності за даним критерієм дотримується.

Додатково виконуємо перевірку шпонкового з'єднання на міцність за напруженнями зрізу:

$$\tau_{зр} = \frac{2T}{d \cdot l \cdot b} \leq [\tau]_{зр}$$

де,

$$[\tau]_{зр} = 0,6[\sigma]_{зм}$$

$$\tau_{зр} = \frac{2 \cdot 220 \cdot 10^3}{110 \cdot 63 \cdot 28} = 22,3 \text{ МПа}$$

Розрахунок показав, що отримані напруження не перевищують допустимих значень, тому умова міцності за зрізом забезпечується.

Для виготовлення зубчастих коліс приймаємо конструкційну сталь 45 із середнім рівнем механічних властивостей. Як вид термічної обробки обираємо нормалізацію, що забезпечує твердість матеріалу на рівні HB 190.

Відповідно до вибраного матеріалу визначаємо допустимі контактні напруження:

$$[\sigma_H] = \frac{\sigma_{H \lim b} K_{HL}}{[S_H]}$$

де $\sigma_{H \lim b}$ - граничне значення контактної витривалості матеріалу, що відповідає базовому числу циклів навантаження.

Для вуглецевих сталей, у яких твердість поверхневого шару зубців не перевищує HB 350, після проведення термічного зміцнення розрахункове значення визначають за такою залежністю:

$$\sigma_{H \lim b} = 2HB + 70$$

K_{HL} - коефіцієнт довговічності $K_{HL} = 1$;

$[S_H]$ - коефіцієнт безпеки $[S_H] = 1.1$;

Для циліндричних зубчастих коліс із прямими зубцями допустиме значення контактного напруження у розрахунках визначають за такою формулою:

$$[\sigma_H] = 0.45([\sigma_{H1}] + [\sigma_{H2}])$$

Виконуємо визначення допустимого контактного напруження для шестерні за розрахунковою залежністю:

$$[\sigma_{H1}] = \frac{(2HB_1 + 70)K_{HL}}{[S_H]} = \frac{(2 \cdot 190 + 70) \cdot 1}{1.1} \approx 409 \text{ МПа}$$

Оскільки обидві шестерні виготовлені з однакового матеріалу та мають ідентичні механічні властивості, розрахункові допустимі контактні напруження для них є рівними.

Отже, розрахункове допустиме контактне напруження становить:

$$[\sigma_H] = 0.45(409 + 409) = 368.1 \text{ МПа}$$

Необхідна умова виконується.

Для подальшого розрахунку прямозубих зубчастих колі приймаємо коефіцієнт ширини вінця відносно міжосьової відстані рівним:

$$\psi_{ba} = \frac{b}{a_w} = 0.25$$

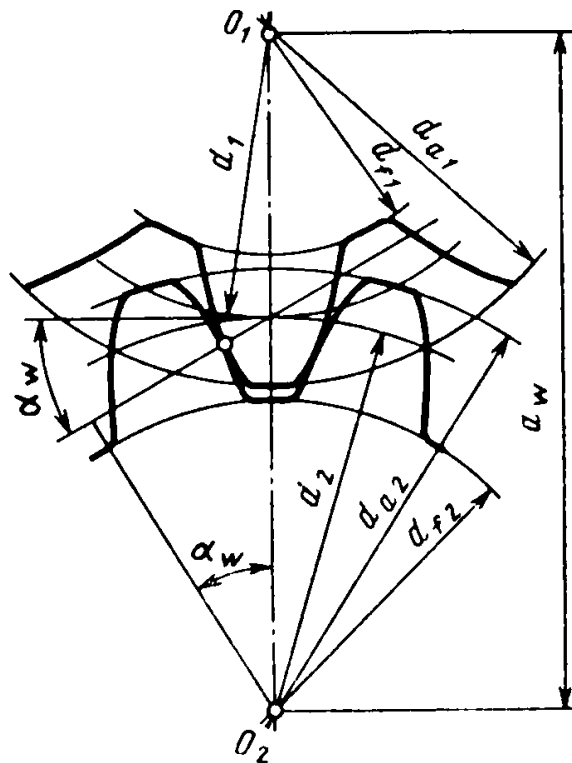


Рисунок 3.5 ілюструє геометричні параметри евольвентного зубчастого зачеплення.

Міжосьову відстань, що забезпечує необхідну контактну міцність робочих поверхонь зубців, визначаємо за залежністю:

$$a_w = K_a (u + 1) \sqrt[3]{\frac{T_2 K_{H\beta}}{[\sigma_H]^2 u^2 \psi_{ba}}} = 49.5(1 + 1) \sqrt[3]{\frac{10^2 \cdot 1}{368^2 \cdot 1^2 \cdot 0.25}} = 60.23 \text{ мм}$$

де $K_a = 49.5$ для прямозубої передачі;

u - передаточне число зубчастої передачі;

K_{HB} - коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілу навантаження вздовж ширини зубчастого вінця;

T_2 - крутний момент на валу колеса.

Приймаємо міжосьову відстань $a_w = 63$

Нормальний модуль зачеплення вибираємо відповідно до наведених рекомендацій:

$$m_n = (0.01 \div 0.02) a_w = (0.01 \div 0.02) 63 = 1,25 \dots 2,25$$

Приймаємо модуль: $m_n = 2,5$

Сумарне число зубів: $z_\Sigma = z_1 + z_2$

$$z_\Sigma = \frac{2a_w}{m_n} = \frac{2 \cdot 63}{2.5} = 50.4$$

Приймаємо кількість: $z_\Sigma = 50$

Визначаємо число зубів шестерень:

$$z_1 = \frac{z_\Sigma}{u + 1} = \frac{50}{1 + 1} = 25$$

$$z_2 = z_\Sigma - z_1 = 50 - 25 = 25$$

Уточнюємо передаточне відношення:

$$u = \frac{z_2}{z_1} = \frac{25}{25} = 1$$

Ділильні діаметри становлять:

$$d_1 = d_2 = z_1 \cdot m_n = 25 \cdot 2.5 = 62.5$$

Перевіримо значення міжосьової відстані:

$$a_w = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{62.5 + 62.5}{2} = 62.5 \text{ мм.}$$

Розраховуємо діаметр вершин зубчастого вінця:

$$d_{a1} = d_1 + 2m_n = 62.5 + 2 \cdot 2.5 = 67.5 \text{ мм}$$

Виконуємо визначення діаметра западин зубчастого вінця:

$$d_{f1} = d_1 - 2.5m_n = 62.5 - 2.5 \cdot 2.5 = 56.5 \text{ мм}$$

Визначаємо колову швидкість на ділильному колі зубчастого колеса, а також встановлюємо необхідний ступінь точності виготовлення передачі:

$$v = \frac{\omega_1 d_1}{2}, \text{ м/с}$$

де, $\omega_1 = \frac{\pi n}{30}$ м/с – колова швидкість.

Оскільки ω_1 оскільки розрахована колова швидкість є незначною, відповідно до нормативних рекомендацій приймаємо діапазон $v \leq 5$ м/с.

За таких умов для прямозубих зубчастих коліс обґрунтовано встановлюємо 8-й ступінь точності виготовлення передачі.

Далі визначаємо коефіцієнт навантаження:

$$K_H = K_{H\beta} \cdot K_{H\alpha} \cdot K_{Hv} = 1,35 \cdot 1 \cdot 1,10 = 1,485$$

де, $K_{H\beta} = 1,35$ — коефіцієнт, який характеризує нерівномірність розподілу навантаження вздовж ширини зубчастого вінця;

$K_{H\alpha} = 1$ — коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілу навантаження між окремими зубцями під час їхнього зачеплення;

$K_{Hv} = 1,10$ — динамічний коефіцієнт, що встановлюється з урахуванням ступеня точності виготовлення передачі та величини колової швидкості.

Виконуємо перевірку контактних напружень за розрахунковою залежністю:

$$\sigma_H = \frac{270}{a_w} \sqrt{\frac{T_2 K_H (u+1)^3}{b_2 u^2}} = \frac{270}{63} \sqrt{\frac{100 \cdot 1.485 (1+1)^3}{15.75 \cdot 1^2}} \approx 37.1 \text{ МПа}$$

де, $T_2 = T_1$ - крутний момент на валі другої шестерні;

T_1 - крутний момент на валі першої шестерні $T_1 = 100 \text{ Нм}$

Ширина даних шестерень:

$$b_2 = \psi_{ba} \cdot a_w = 0.25 \cdot 63 = 15.75 \text{ мм}$$

де, ψ_{ba} - коефіцієнт ширини вінця: $\psi_{ba} = 0.25$;

умова $\sigma_H \leq [\sigma_H]$ за даних умов виконується.

Обчислюємо колову силу, що виникає в зоні зубчастого зачеплення:

$$F_t = \frac{2T_1}{d_1} = \frac{100}{63} = 1.58 \text{ Н}$$

Виконуємо перевірку зубців на міцність за напруженням згину відповідно до розрахункової залежності:

$$\sigma_F = \frac{F_t K_F Y_F}{b m_n} \leq [\sigma_F];$$

$$\text{де, } K_F = K_{F\beta} K_{Fv} = 1.05 \cdot 1.2 = 1.26$$

$K_{F\beta} = 1.05$ — коефіцієнт, що характеризує нерівномірність розподілу навантаження вздовж довжини зуба та враховує ефект концентрації навантаження;

$K_{Fv} = 1.2$ — коефіцієнт, що враховує динамічний характер навантаження під час роботи зубчастої передачі (коефіцієнт динамічності);

Y_F — коефіцієнт форми зуба, що враховує геометричні особливості профілю зубця і визначається залежно від еквівалентного числа зубів.

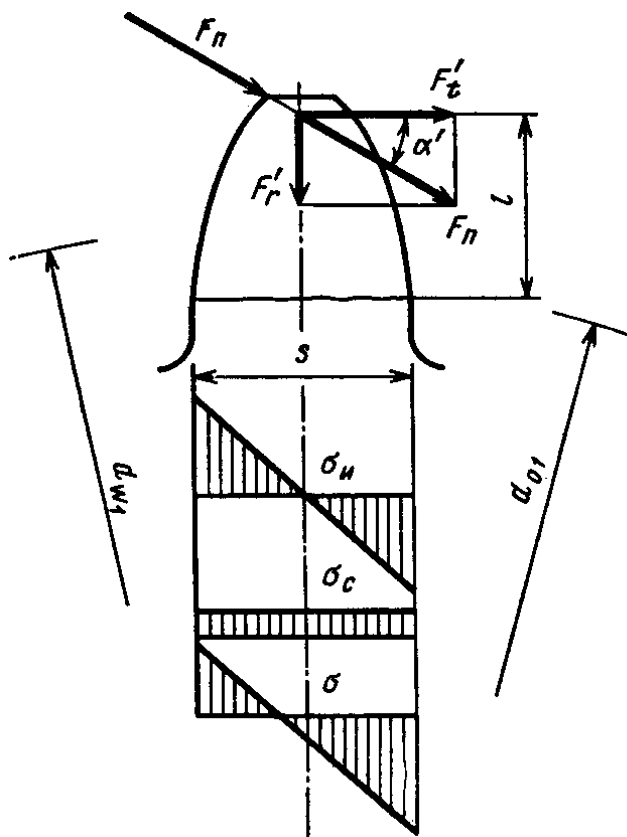


Рисунок 3.6. Розрахункова схема навантаження зубця циліндричного зубчастого колеса

Перевіримо значення міцності:

$$\sigma_F = \frac{1.58 \cdot 1.26 \cdot 3.9}{15.75 \cdot 2.5} = 0.197 \leq [\sigma_F] = 206 \text{ МПа}$$

Умова міцності за даних умов виконується.

2.3.2 Розрахунок робочих органів ескімогенератора марки Л5-ОЭК

Виконуємо визначення необхідної величини ходу поршня дозувального механізму ескімогенератора. Конструктивне виконання дозатора наведено на рис. 3.7.

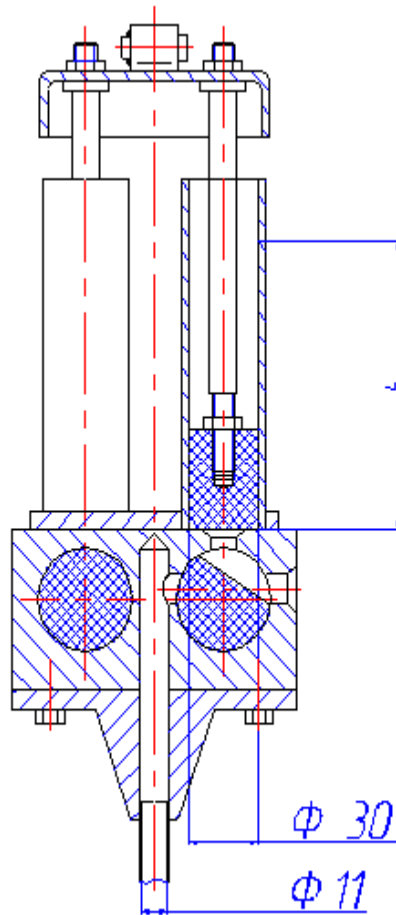


Рисунок 3.7 Загальний вигляд дозатора

Маса однієї порції морозива відповідно до нормативних вимог становить 100 г, при цьому 20 % припадає на масу глазури. Допустиме відхилення маси однієї порції приймається на рівні $\pm 6\%$.

З урахуванням зазначених параметрів фактична маса порції, що формується однією секцією дозувального пристрою, становить:

$$m = 100 - 20\% = 80 \text{ гр}$$

Оскільки формування однієї порції морозива здійснюється двома дозувальними циліндрами, об'ємна частка, що припадає на один циліндр, становить половину загальної порції, тобто:

$$m_1 = 80/2 = 40 \text{ гр}$$

За умови, що об'ємна маса морозива на виході з фрізера становить 600 кг/м³, визначаємо об'єм, який відповідає одній порції морозива:

$$V = \frac{0,04}{600} = 0,6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$$

Виконуємо розрахунок площі поперечного перерізу поршня дозувального механізму:

$$F = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,03^2}{4} = 0,7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Визначаємо необхідну величину ходу поршня дозувального пристрою:

$$l = \frac{V}{F} = \frac{0,6 \cdot 10^{-4}}{0,7 \cdot 10^{-3}} = 0,085 \text{ м}$$

Виконуємо розрахунок захоплювальних щипців глазурувальної головки ескімогенератора марки Л5-ОЭК. Розрахункову схему щипців подано на рисунку 3.8.

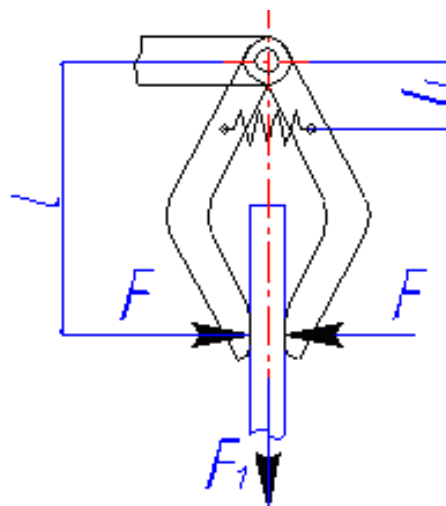


Рис. 2.8 Розрахункова схема щипців головки глазурувальної ескімогенератора марки Л5-ОЭК

Визначаємо зусилля, необхідне для забезпечення надійного затискання щипцями:

$$F = \frac{F_1}{k}$$

де F_1 – вага порції морозива, Н;

k – коефіцієнт тертя.

$$F = \frac{10}{0,5} = 20 \text{ Н}$$

Виконуємо розрахунок гвинтової циліндричної пружини розтягу, яка застосовується у механізмі щипців (див. рис. 3.8). Максимальне осьове зусилля, що створюється пружиною, становить:

$$F_p = F \frac{L}{L_1} = 20 \frac{30}{10} = 60 \text{ Н}$$

$F=60$ Н при деформації пружини $k=5$ мм; середній діаметр пружини $D=10$ мм. Пружина працює в умовах циклічного навантаження з числом циклів $N_c < 10^4$ протягом строку служби, при коефіцієнті асиметрії напружень $R=0,5$.

Для виготовлення пружини приймаємо пружинний дріт III класу міцності діаметром $d=1$ мм. Межу міцності матеріалу дроту приймаємо $\sigma_B=1000$ МПа.

Отже, подальші розрахункові параметри визначаємо виходячи з наведених вихідних даних:

$$[\tau] = 0,5\sigma_B K_L = 0,5 \cdot 1000 \cdot 0,8 = 400 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт довговічності пружини приймаємо рівним $K_L=0,8$.

За попереднього прийняття індексу пружини $C=7$ визначаємо коефіцієнт, що враховує кривину витків:

$$K = 1 + \frac{1,4}{7} = 1,2$$

Визначаємо необхідний діаметр дроту для виготовлення пружини:

$$d \geq \sqrt{8FKC/(\pi[\tau])} = \sqrt{8 \cdot 60 \cdot 1,2 \cdot 7/(3,14 \cdot 400)} = 3,2 \text{ мм}$$

Приймаємо стандартний діаметр пружинного дроту $d=3$ мм. Тоді фактичне значення індексу пружини становить $C=D/d=10/3 \approx 3,3$.

За умови граничного навантаження:

$$F_{zp} = 1,1F = 1,1 \cdot 60 = 66 \text{ Н}$$

Визначаємо розрахункове напруження кручення у витках пружини за прийнятими геометричними та навантажувальними параметрами:

$$\tau = \frac{8F_{zp}DK}{(\pi d^3)} = \frac{8 \cdot 66 \cdot 10 \cdot 1,56}{3,14 \cdot 3^3} = 97 \text{ МПа}$$

Отримане розрахункове напруження є меншим за допустиме значення $[\tau]=400$ МПа, що підтверджує працездатність конструкції (при $C=3$ та коефіцієнті корекції $K=1+1,4/3=1,56$).

У подальшому визначаємо необхідну кількість робочих витків пружини:

$$i = \frac{Gd^4\lambda}{8FD^3} = \frac{8 \cdot 10^4 \cdot 3^4 \cdot 25}{8 \cdot 66 \cdot 10^3} = 10$$

Приймаємо модуль зсуву для сталі $G=8 \cdot 10^4$ МПа. Загальну кількість витків пружини визначаємо як $i_0=i+2=10+2=12$.

Мінімальний зазор між витками становить:

$$\Delta = \frac{0,2\lambda}{i} = \frac{0,2 \cdot 25}{12} = 0,41 \text{ мм}$$

Визначаємо крок витків пружини у навантаженому стані:

$$h = \frac{\lambda}{i} + d + \Delta = \frac{25}{12} + 3 + 0,41 = 4,22 \text{ мм}$$

Визначаємо довжину пружини у стані повного стиснення, коли відбувається дотик витків:

$$H_{гр}=(i_0-0,5)3=(12-0,5)3=33,5\text{мм.}$$

Визначаємо довжину пружини в робочому (навантаженому) стані:

$$H_0=H_{гр}+i(h-d)=33,5+10(4,22-3)=44,72\text{ мм.}$$

Визначаємо повну довжину дроту, необхідну для виготовлення пружини:

$$l = \frac{\pi D i_0}{\cos \alpha} = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 12}{\cos 4,37^\circ} = 376\text{ мм}$$

де

$$\alpha = \arctg \left[\frac{h}{\pi D} \right] = \arctg \left[\frac{3.22}{3,14 \cdot 5} \right] = 4,37^\circ$$

3. Технологічні процеси виготовлення, експлуатації та ремонту ескімогенератора марки Л5-ОЭК

3.1. Особливості монтажу ескімогенератора

Ескімогенератор типу Л5-ОЭК, який постачається виробником споживачеві (на діюче або таке, що будується, підприємство молочної промисловості), після транспортування підлягає прийманню та розміщенню на тимчасове зберігання до початку монтажних робіт. Підготовчі заходи до зберігання передбачають виконання комплексу операцій, пов'язаних із консервацією, повторною консервацією (за потреби) та подальшою розконсервацією обладнання.

Консерваційні заходи виконуються на підприємстві-виробнику з метою запобігання корозійному руйнуванню елементів під час транспортування і зберігання. При цьому оброблені металеві поверхні, що не мають лакофарбового покриття, захищаються спеціальними антикорозійними мастильними матеріалами, які наносять у нагрітому стані (приблизно 50–90 °С). Окремі комплектуючі, зокрема запасні частини, додатково упаковують у папір, просочений інгібуючими речовинами, що гальмують перебіг корозійних процесів, після чого їх герметизують у парафіновану обгортку.

Транспортування обладнання відбувається у тарованому вигляді (як правило, у дерев'яних ящиках) автомобільним або залізничним транспортом, рідше — водним. З моменту передачі вантажу перевізнику відповідальність за його збереження переходить до транспортної організації.

Після надходження обладнання у пункт призначення замовник здійснює процедуру приймання. На цьому етапі контролюють кількість місць, звіряючи її з даними супровідної документації (накладних), а також оцінюють цілісність упаковки.

					КРБ 321.00.00.000 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Дзвінка І.Т.			3. Технологічні процеси вигот овлення, експлуат ації т а ремонт у ескімогенерат ора марки Л5-ОЭК			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Пилипець О.М.								
								ФМТ, каф. ОХ, ст. гр. МОз-41		
Н. контр.		Кравець О.І.								
Затверд.		Пилипець О.М.								

У випадку постачання окремих елементів без тари (наприклад, великогабаритних резервуарів) спочатку проводять зовнішній огляд, після чого детально перевіряють стан вузлів і деталей.

У разі виявлення невідповідностей — нестачі місць, пошкодження тари або дефектів складових частин — одержувач спільно з представником перевізника оформляє рекламацийний акт. Такий документ фіксує відхилення від вимог стандартів або технічних умов щодо комплектності чи якості обладнання і складається безпосередньо під час приймання вантажу.

З урахуванням характеру, обсягу та організаційних умов виконання робіт (наявність монтажних засобів, матеріально-технічне забезпечення, рівень підготовки персоналу та спеціалізація виконавця) застосовують три основні способи організації монтажу: підрядний, господарський і комбінований.

Господарський спосіб передбачає виконання всіх монтажних операцій силами самого підприємства і є доцільним насамперед для діючих виробництв. Його ефективність проявляється при відносно невеликому обсязі робіт, наприклад, під час встановлення окремих агрегатів або технологічних ліній у процесі модернізації чи технічного переоснащення, коли здійснюється заміна морально або фізично застарілого обладнання більш продуктивними аналогами.

Змішаний підхід базується на розподілі робіт між виконавцями: будівельні операції виконуються підрядною організацією, тоді як монтажні — власними силами підприємства (або навпаки). Такий варіант доцільний при розширенні виробництва, зокрема у випадках добудови нових виробничих площ.

Для встановлення ескімогенератора Л5-ОЭК раціонально застосовувати саме господарський спосіб. Конструктивна відносна простота агрегату дозволяє виконати монтаж без залучення сторонніх організацій. Крім того, цей підхід є економічно вигіднішим порівняно з підрядною або комбінованою схемами.

Перед початком монтажу здійснюється приймання фундаментів за актом із перевіркою відповідності їх геометричних параметрів проєктним значенням. Допустимі відхилення становлять: у плані — не більше ± 30 мм, по висоті — до 30 мм, а відхилення розташування анкерних болтів по осях — не більше ± 5 мм.

У разі виявлення дефектів (порожнин, сколів тощо) їх усувають, після чого виконують розмітку осей встановлення обладнання.

Постачання обладнання здійснюється у транспортній тарі, зазвичай автомобільним транспортом, причому відповідальність за збереження вантажу під час перевезення несе перевізник. Після доставки замовник проводить приймання з перевіркою комплектності та технічного стану. У випадку виявлення дефектів або нестачі складових оформлюється рекламацийний акт, який подається виробнику в межах гарантійного строку. На його підставі здійснюється доукомплектування, ремонт або заміна несправних елементів.

Перед введенням в експлуатацію консервувальні матеріали видаляють: спочатку поверхні очищають ганчір'ям, змоченим у дизельному паливі, а потім витирають насухо. Допускається промивання внутрішніх каналів соляровим паливом або бензином. Після очищення виконують короткочасні пуски (0,1–0,4 с, кілька повторень) для видалення залишків промивної рідини, а далі — триваліший режим роботи для остаточного висушування.

До початку монтажу обладнання повинно зберігатися у заводській упаковці в умовах, що виключають вплив атмосферних чинників.

Зберігання ескімогенератора типу Л5-ОЭК на відкритих майданчиках не допускається. Обладнання повинно перебувати у законсервованому стані в упаковці — у закритому приміщенні або під навісом, що забезпечує захист від атмосферних впливів. Рекомендований температурний діапазон навколишнього середовища становить приблизно ± 40 °С, а відносна вологість не повинна перевищувати 80 % при температурі 20 °С. Тривалість зберігання до початку монтажу бажано мінімізувати; вона не повинна перевищувати одного року, при цьому необхідно дотримуватися вимог і рекомендацій виробника. У разі тривалого зберігання слід проводити періодичні огляди (орієнтовно кожні 3–4 місяці) з виконанням ревізії та, за потреби, повторної консервації. У процесі переконсервації видаляють старий захисний шар з оброблених і нефарбованих поверхонь та наносять новий, наприклад на основі технічного вазеліну. Тара і

спосіб пакування мають відповідати умовам транспортування обраним видом транспорту.

Під час монтажу кожен одиницю обладнання встановлюють у чітко визначеному положенні відносно будівельних конструкцій. Для цього виконують прив'язку до капітальних стін або колон, використовуючи координатну систему, що базується на головних монтажних осях.

Розбивка монтажних осей полягає у перенесенні координат із проєктної документації безпосередньо на виробничий майданчик. Вихідною базою слугують основні осі будівлі, які взаємно перпендикулярні та паралельні. Для виконання розмітки застосовують вимірювальні та допоміжні інструменти: рулетки, кутники, відвіси, рівні, шнури тощо. Відповідно до креслень на підлозі відкладають необхідні відстані, позначаючи характерні точки, після чого через них відбивають прямі лінії за допомогою натягнутого та підфарбованого крейдою шнура.

Для підвищення точності взаємного розташування кількох одиниць обладнання використовують так звані контрольні монтажні осі, що реалізуються у вигляді натягнутих струн. Такі струни виготовляють зі сталевого дроту діаметром близько 0,5 мм і розміщують на висоті понад 2 м. Один кінець жорстко фіксують, а інший навантажують вантажем масою не менше 5 кг для забезпечення стабільного натягу. Кріплення здійснюють до будівельних елементів (стіни, колони) за допомогою скоб або хомутів. Точність розбивки при цьому становить близько ± 5 мм на кожні 10 м довжини осі, а самі струни повинні розташовуватися в одній горизонтальній площині.

Розбивка монтажних осей являє собою перенесення координат основних осей обладнання з проєктної документації безпосередньо на виробничий майданчик, де передбачається встановлення машин. Базою для такої операції слугують головні осі будівлі, які повинні бути взаємно ортогональними та паралельними. Для виконання розмітки застосовують вимірювальні та допоміжні засоби: металеві рулетки, кутники, відвіси, рівні, розмічальні шнури тощо. Відповідно до креслень відкладають необхідні відстані, що відповідають

прив'язочним координатам, і позначають їх на підлозі окремими точками. Далі за допомогою шнура, попередньо покритого крейдою, через ці точки формують прямолінійні сліди, які слугують орієнтирами для монтажу.

Для підвищення точності взаємного розташування кількох агрегатів використовують так звані контрольні осі, які реалізуються у вигляді натягнутих струн. Такі струни виконують зі сталевого дроту діаметром близько 0,5 мм і розміщують на висоті понад 2 м. Один кінець жорстко фіксують, а інший навантажують вантажем масою не менше 5 кг для забезпечення постійного натягу. Кріплення здійснюють до будівельних конструкцій за допомогою скоб або хомутів. Точність перенесення осей таким способом досягає приблизно ± 5 мм на кожні 10 м довжини. Важливо, щоб усі струни знаходилися в одній горизонтальній площині.

Контроль паралельності здійснюють шляхом вимірювання відстаней між струнами або між відвісами, опущеними з них. Перпендикулярність перевіряють за допомогою кутників або спеціальних шаблонів Т-подібної форми з нанесеними взаємно перпендикулярними напрямками. Після перевірки положення струн їх проєкцію переносять на підлогу, використовуючи крейдяний шнур.

Осі розміщення обладнання відкладають паралельно головній поздовжній осі будівлі на відстанях, визначених проєктом. Розмітку виконують шляхом проведення допоміжних перпендикулярів, відкладання заданих відрізків і подальшого з'єднання відповідних точок. Окрім цього, у перекриттях і стінах виконують розмітку отворів для кріпильних елементів та проходження вузлів обладнання. Для прискорення процесу часто застосовують шаблони, особливо при серійному монтажі однотипних машин.

Монтаж ескімогенератора Л5-ОЭК здійснюється з урахуванням вимог зручності обслуговування та експлуатації. До місця встановлення агрегат транспортують на санчатах або аналогічних засобах переміщення. Установлення проводиться на шість опор із подальшим точним вирівнюванням за рівнем шляхом регулювання їх висоти.

Після встановлення ескімогенератор з'єднують карданним валом із пакувальним автоматом, а сам вал закривають захисним кожухом. На станині, під глазурувальною головкою, монтують транспортер пакувального пристрою. Особливу увагу приділяють правильному взаємному розташуванню розподільника розсолу та глазурувальної головки: вісь захоплення морозива повинна співпадати з визначеним рядом отворів перфорованої кришки ванни гарячого розсолу. У разі відхилень положення піддону коригують шляхом послаблення кріплень і його повороту.

Вакуумний насос встановлюють на окремій плиті поблизу осушувального вузла. Після механічного монтажу виконують прокладання трубопроводів: для циркуляції холодного розсолу, подачі суміші від фрізера, підведення мийного розчину, а також підключення вакуумної системи. Після завершення цих робіт трубопроводи піддають гідравлічним випробуванням, усуваючи виявлені нещільності. Лінії подачі холодоносія обов'язково теплоізолюють.

Електромонтажні роботи виконують відповідно до чинних норм для установок напругою до 1000 В. Установлення ескімогенератора на фундамент включає укладання опорних елементів, попереднє позиціонування, а також остаточну вивірку за планом, висотою і горизонтальністю. Вертикальність основної осі контролюють за допомогою відвісу.

Під час монтажу вакуумного насоса особливу увагу приділяють герметичності стиків. Як ущільнювальні матеріали застосовують листову гуму або азбестові прокладки відповідних марок. Болтові з'єднання затягують рівномірно. Джерелом підсмоктування повітря часто є сальникові вузли, для ущільнення яких використовують шнурову набивку з бавовняної або лляної пряжі, просоченої антифрикційним складом.

Перевірку герметичності вакуумної системи здійснюють створенням розрідження з подальшим контролем за допомогою відкритого полум'я: відхилення полум'я в бік з'єднання свідчить про наявність підсосу повітря і потребу в усуненні дефекту.

3.2 Розробка технології ремонту головки глазурувальної ескімогенератора марки Л5-ОЭК

3.2.1. Аналіз технічних умов кришки головки глазурувальної, що підлягає виготовленню

Досліджувана деталь (рис. 3.5) є кришкою корпусного типу. Конструктивно вона виконана зі ступінчастим зовнішнім профілем і містить співвісний ступінчастий наскрізний отвір, призначений для проходу вала. У зоні отвору передбачено канавку під сальникове ущільнення, що забезпечує герметизацію вузла. Крім того, конструкція включає шість рівномірно розташованих отворів для кріплення деталі до корпусу.

Найбільш відповідальним елементом є центральний осьовий отвір, до якого висуваються підвищені вимоги щодо точності та якості поверхні: точність обробки відповідає 9-му квалітету, а параметр шорсткості становить Rz20. Досягнення заданих показників забезпечується послідовним виконанням механічної обробки у три стадії: попереднє (чорнове) розточування, напівчистова обробка та завершальне чистове розточування. Така технологічна послідовність дозволяє забезпечити необхідну геометричну точність і експлуатаційні характеристики поверхні отвору.

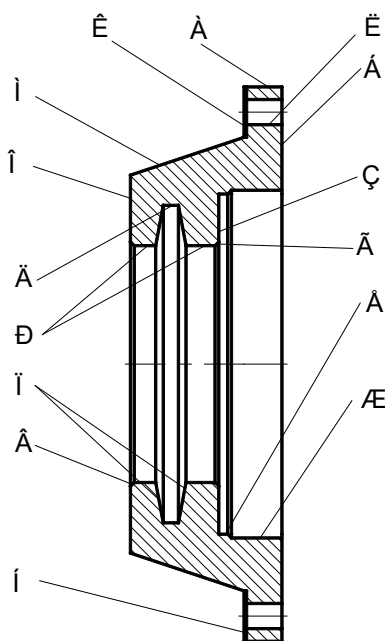


Рисунок 4.5-Ескіз кришки з позначенням поверхонь.

Деталь виготовляється з вуглецевої конструкційної сталі марки Ст3, механічні характеристики якої наведені у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5. Хімічний склад Ст3

C	Si	Mn	Ni	Cr	S	P
0,23-0,32	0,17-0,31	0,5-0,8	0,3	0,3	0,06	0,06

Таблиця 3.6 Механічні властивості сталі Ст3

Межа міцності σ_B , МПа	Межа текучості, σ_T , МПа	Межа витривалості при згині, σ_{-1} , МПа	Твердість за Бриннелем, МПа	Відносне видовження, %
380-470	210-240	170-220	1310	21-23

Результати аналізу технічних вимог до виготовлення деталі подано у табличній формі (табл. 3.7).

Таблиця 3.7 Аналіз технічних умов деталі

Позначення поверхні	Технічна умова або вимога	Метод виконання	Метод контролю
А, К, М, О, Д, П, З	Точність по 14 квалітету, шорсткість Rz 80	Розточування та розточування чорнове	Штангенциркуль ШЦ-1-125 ГОСТ 166-80
Б, В, Г, Е, Ж	Точність по 12 квалітету. шорсткість Ra 3,2...6,3	Розточування та розточування напівчистове	— // —
Р	Точність по 9 квалітету, шорсткість Ra 2,5	Розточування чистове	— // —

Л, Н	Точність по 10 квалітету, шорсткість Ra 2,5	Свердління, Цекування	— // —
------	--	--------------------------	--------

3.2.2 Розроблення технологічного процесу виготовлення кришки глазурувальної головки ескімогенератора типу Л5-ОЭК

Спосіб отримання заготовки для деталей машин визначається функціональним призначенням виробу, його конструктивними особливостями, властивостями матеріалу, типом виробництва, а також техніко-економічною доцільністю обраного варіанта виготовлення.

Для розглядуваної деталі в умовах одиничного виробництва можливими варіантами отримання заготовки є використання прокату або штампованих заготовок. Застосування штампування є доцільним у випадках, коли різниця між масою штампованої заготовки та заготовки, отриманої з прокату, перевищує 15 % [4].

Маса заготовки, отриманої з сортового прокату (прутка), визначається за геометричними розмірами вихідного матеріалу та довжиною заготовки.

$$M_n = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} \cdot l_3 \cdot \rho = \frac{3,14 \cdot (220 \cdot 10^{-3})^2}{4} \cdot 0,062 \cdot 7800 = 18,37 \text{ кг.}$$

Орієнтовна маса даної штамповки:

$$M_{ш} = \left(\frac{3,14 \cdot 220^2 \cdot 62}{4} - \frac{3,14 \cdot 130^2 \cdot 24}{4} - \frac{3,14 \cdot 90^2 \cdot 36}{4} - \left(\frac{3,14 \cdot (220)^2}{4} - \frac{3,14 \cdot (180)^2}{4} \right) \cdot 48 \right) \cdot 7,8 \cdot 10^{-6} = 9,4 \text{ кг}$$

$$\frac{18,37 - 9,4}{18,37} = 0,48 = 48\% \gg 15\%$$

Отже, з попереднього аналізу випливає, що застосування штампованої заготовки є більш раціональним варіантом.

Проведемо розрахунок припусків та міжопераційних розмірів

Аналітичний підхід до визначення припусків застосовується для найбільш точного конструктивного розміру — $\varnothing 94H9$.

Мінімальний припуск визначається за залежністю [8]:

$$2Z_{min} = 2 \left(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 - \varepsilon_i^3} \right).$$

Визначимо сумарні просторові відхилення для напівчистої стадії обробки:

$$\rho = \rho_{\kappa \varnothing} = \sqrt{(\Delta k \cdot d)^2 + (\Delta k \cdot l)^2};$$

де d — діаметр отвору ($\varnothing 94$ мм);

l — овжина оброблюваної поверхні (45 мм).

$$\rho = \sqrt{(0.7 \cdot 52)^2 + (0.7 \cdot 45)^2} = 37 \text{ мкм.}$$

Визначаємо похибку базування (встановлення) для напівчистої операції:

$$\varepsilon_{_} = \sqrt{\varepsilon_{\text{з}}^2 + \varepsilon_K^2};$$

$$\varepsilon_6 = \delta_a = 560 \text{ мкм,}$$

$$\varepsilon_3 = 80 \text{ мкм,}$$

$$\varepsilon_{_} = \sqrt{80^2 + 560^2} = 566 \text{ мкм.}$$

Тоді мінімальний припуск становитиме:

$$2Z_{min} = 2 \left(20 + 140 + \sqrt{37^2 + 566^2} \right) = 567 \text{ мкм.}$$

Визначаємо мінімальний припуск для чистої операції:

$$2Z_{min} = 2 \left(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 - \varepsilon_i^3} \right).$$

Визначаємо сумарне просторове відхилення для чистої стадії обробки:

$$\rho_r = 0.05 \rho = 0.05 \cdot 37 = 1.85 \text{ мкм} \approx 2 \text{ мкм.}$$

Похибка базування (установки):

$$\varepsilon_r = 0.05 \varepsilon = 0.05 \cdot 566 = 28 \text{ мкм.}$$

Отримаємо:

$$2Z_{\min} = 2(10 + 50 + \sqrt{2^2 + 28^2}) = 176 \text{ мкм.}$$

Граничні значення розмірів:

$$d_{\min \text{ д}} = d_{\text{ном}} - EI = 94 - 0 = 94 \text{ мм,}$$

$$d_{\max \text{ д}} = d_{\text{ном}} + ES = 94 + 0.03 = 94.03 \text{ мм,}$$

$$d_{\max \text{ ТЧ}} = d_{\max \text{ д}} - 2Z_{\min \text{ ТЧ}} = 94.03 - 0.176 = 93.85 \text{ мм,}$$

$$d_{\min \text{ ТЧ}} = d_{\max \text{ ТЧ}} - \delta_{\text{ТЧ}} = 93.854 - 0.17 = 93.68 \text{ мм,}$$

$$d_{\max \text{ з}} = d_{\max \text{ ТЧ}} - 2Z_{\min \text{ ТЧ}} = 93.684 - 1.457 = 92.227 \text{ мм,}$$

$$d_{\min \text{ з}} = d_{\max \text{ ТЧ}} - \delta_{\text{ТЧ}} = 92.227 - 0.64 = 91.587 \text{ мм.}$$

Отримаємо граничні значення припусків:

$$2Z_{\min \text{ ч}} = d_{\max \text{ ч}} - d_{\max \text{ ТЧ}} = 94.03 - 93.854 = 0.176 \text{ мм,}$$

$$2Z_{\min \text{ ТЧ}} = d_{\max \text{ ТЧ}} - d_{\max \text{ з}} = 93.854 - 92.227 = 1.627 \text{ мм,}$$

$$2Z_{\max \text{ ч}} = d_{\min \text{ ч}} - d_{\min \text{ ТЧ}} = 94 - 93.684 = 0.316 \text{ мм,}$$

$$2Z_{\max \text{ ТЧ}} = d_{\min \text{ ТЧ}} - d_{\min \text{ з}} = 93.684 - 91.587 = 2.097 \text{ мм.}$$

Після цього отримаємо загальний припуск:

$$2Z_{0 \text{ min}} = 2Z_{\min \text{ ч}} + 2Z_{\min \text{ ТЧ}} = 176 + 1627 = 1803 \text{ мкм;}$$

$$2Z_{0 \text{ max}} = 2Z_{\max \text{ ч}} + 2Z_{\max \text{ ТЧ}} = 316 + 2097 = 2413 \text{ мкм.}$$

Зробимо перевірку правильності розрахунків:

$$2Z_{\max \text{ ч}} - 2Z_{\min \text{ ч}} = 316 - 176 = 140 \text{ мкм;}$$

$$\delta_{\text{ТЧ}} - \delta_{\text{ч}} = 170 - 30 = 140 \text{ мкм;}$$

$$2Z_{\max \text{ нч}} - 2Z_{\min \text{ нч}} = 2097 - 1627 = 470 \text{ мкм;}$$

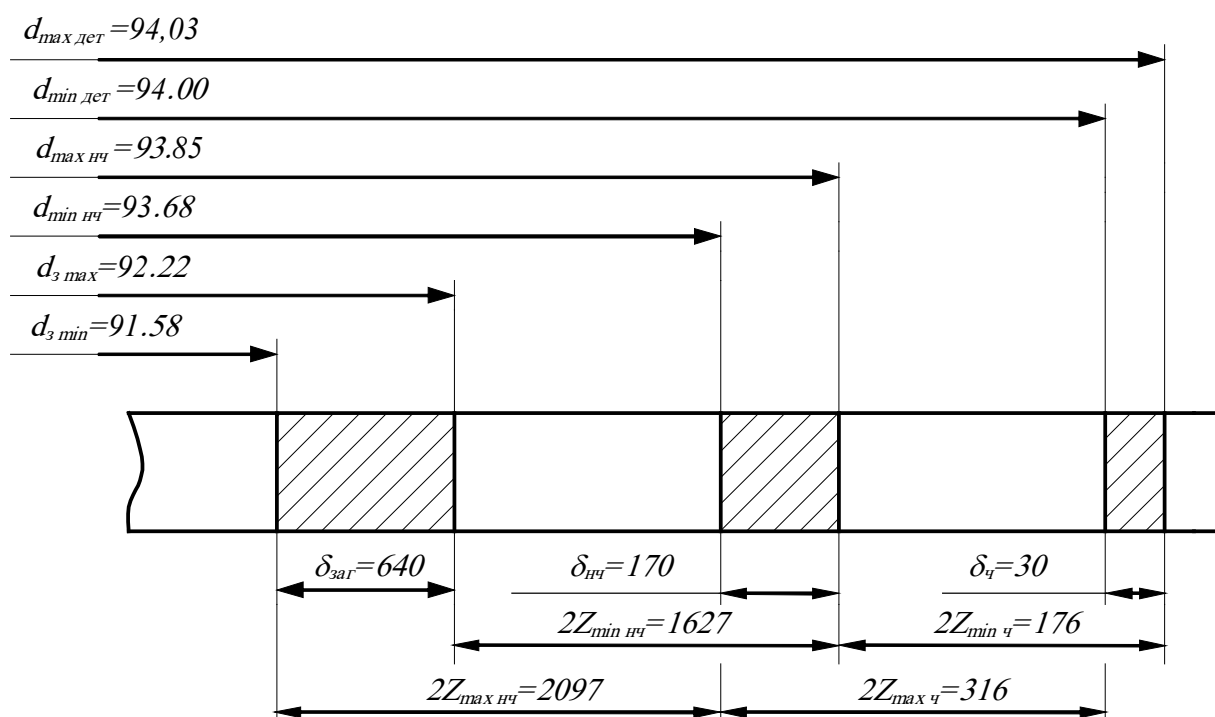
$$\delta_{\text{з}} - \delta_{\text{ТЧ}} = 640 - 170 = 470 \text{ мкм.}$$

Результати виконаних розрахунків наведено у вигляді таблиці 3.8.

Схему розподілу припусків та міжопераційних розмірів подано на
рисунок 3.6

Таблиця 3.8. Припуски і граничні розміри

Технологічний перехід	Елементи припуску, мкм				$2Z_{\min}$	δ	Гр.розмір		Гр. припуск	
	R_z	T	ρ	ϵ	мкм	мкм	$d_{\min}$	$d_{\max}$	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$
Заготовка	60	40	55	—	—	640	91.58	92.22	—	—
Розточування чорнове	40	50	3	566	2728.5	170	93.68	93.85	1627	2097
Розточування чистове	20	—	—	28	288	30	94.00	94.03	176	316

Рисунок 3.6 Схема розміщення припусків і допусків для поверхні $\varnothing 94H9$

Для інших розмірів припуски визначаємо табличним методом (таб. 3.9).

Таблиця 3.9 Таблиця припусків і допусків

Поверхня	Розмір, мм	Припуск, мм		Допуск мкм
		табличний	розрахунковий	
О, Б	60 торці	0,5	—	760
К	Торець	0,5	—	560
Е	Ø 136 Н12	2·2□5	—	820
З	торець	0,5	—	620
Д	Ø 150±0,8	2·2,0	—	560
Р	Ø 94 Н9	2·2,5	2·0,9	120
П	Конус	2·1,0	—	580
А	Ø 220±0,8	2·1,0	—	820
В, Г	1,5х45°	2·1,5	—	620
М	Конус	2·0□5	—	36
Ж	Ø138Н10	2·1□0	—	248
Н	Ø 20	2·1□0	—	98
Л	Ø 10Н12	2·1□0	—	86

Розробимо технологічний маршрут механічної обробки кришки

Технологічний маршрут механічної обробки кришки наведено у таблиці 3.10.

Таблиця 3.10. Технологічний маршрут мехобробки кришки

№ операції.	Назва операції (переходу)	Оброблювана поверхня	Базова поверхня	Обладнання
1	2	3	4	5

005 установ А	Токарно- гвинторізна 1.Розточити поверхню 2.Підрізати торець 3.Розточити поверхню 4.Точити поверхню 5.Точити фаску 6.Розточити отвір	З Б П А Г Ж	Зовнішня поверхня заготовки	Токарно- гвинторізний верстат 16K20
установ Б	7.Точити фаску 8.Підрізати торець 9.Точити конусну поверхню 10.Розточити канавку 11.Підрізати торець	В О М Д К	А	

1	2	3	4	5
010	Вертикально-свердлильна 1.Свердлити послідовно 6 отв. 2.Цекувати послідовно 6 отв.	Л, Н	Б, А	Свердильний верстат 2Н125

Таблиця 3.11. Вибір ріжучого і вим. інструменту

№ операції	Назва операції	Інструмент	
		Ріжучий	Вимірювальний
1	2	3	4
005 уст. А.	Токарно-гвинторізна 1.Розточити пов. 2.Підрізати торець 3.Розточити пов. 4.Точити пов. 5.Точити фаску 6.Розточити отвір 7.Точити фаску	Різець розточ. 2334 ГОСТ. 18463 –73. Різець прохідний упорний 2121 ГОСТ. 18870 –73. Різець розточ. 2334 ГОСТ. 18463 –73. Різець прохідний 2113 ГОСТ. 18878 –73. Різець розточ. 2841 ГОСТ. 18518 –73. Різець розточ. 2334 ГОСТ. 18463 –73. Різець розточ. 2841 ГОСТ. 18518 –73. Різець прохідний упорний 2121	Штангенциркуль ШЦ – 1 – 400 ГОСТ. 166 – 80 – // –
уст. В.	8.Підрізати торець		

Продовження таблиці 3.11.

1	2	3	4
	9.Точити конусну пов. 10.Розточити канавку 11.Точити фаску	ГОСТ. 18870–73 Різець прохідний упорний 2121 ГОСТ. 18870–73 Різець розточ. канавочний T15K10 2207-1163 ГОСТ.19745-76 Різець розточ. 2841 ГОСТ. 18518 –73.	– // –
010	Вертикально-свердлильна 1.Свердлити послідовно 6 отворів 2.Цекувати послідовно 6 отворів	Свердло Ø 10 мм 2300-7515 по ГОСТ. 4010 – 77. матеріал Р6М5. Цековка циліндрична Ø 20 з направляючою цапфою Ø 10 ГОСТ. 26258-87	Штангенциркуль ШЦ – 1 – 400 ГОСТ. 166 – 80 Пробка двохстороння 10 мм ГОСТ. 6507 – 78

Режими різання визначаємо для обробки поверхні Ø94 Н9, тоді як для решти операцій і переходів їх значення приймаємо за нормативними довідковими даними [9].

Вихідні дані:

Верстат — 16K20.

Заготовка — штамповка зі сталі Ст3.

Інструмент:

а) чорнове розточування — різець розточний упорний, пластина Т5К10;

б) чистове розточування — різець розточний з кутом $\varphi = 45^\circ$, матеріал Т5К10.

Кріплення заготовки — у патроні.

1. Виходячи із сумарного припуску на обробку (2...3 мм) та з урахуванням залишкового припуску під чистову обробку (0,15 мм), визначаємо глибину різання:

а) для чорнового розточування $t = 2,1$ мм;

б) для чистового розточування $t = 0,15$ мм.

2. За табличними даними визначаємо подачі:

а) чорнове розточування $S = 0,8$ мм/об;

б) чистове розточування $S = 0,8$ мм/об.

Після перевірки за паспортними характеристиками верстата приймаємо $S = 0,8$ мм/об.

Допустиме значення подачі за міцністю пластини твердого сплаву становить $S = 2,6$ мм/об.

Для забезпечення необхідної шорсткості поверхні $Ra\ 3,2$ при чистовій обробці допустима подача становить $S = 0,6$ мм/об.

Остаточно коригуємо подачі відповідно до паспорта верстата:

а) чорнове розточування $S = 0,8$ мм/об;

б) чистове розточування $S = 0,6$ мм/об.

3. Швидкість різання визначається за формулою:

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

де C_v, x, y, m — коефіцієнти;

T — період стійкості різця.

При одноінструментній обробці нормативний період стійкості інструменту становить $T = 30 \dots 60$ хв.

Для подальших розрахунків приймаємо $T = 50$ хв.

K_v — комплексний коефіцієнт, який враховує сукупний вплив технологічних факторів (умови різання, властивості матеріалу заготовки, інструментальний матеріал, стан оброблюваної поверхні та ін.).

Він визначається як добуток складових коефіцієнтів:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv};$$

$$K_{mv} = K_z \cdot \left(\frac{750}{\sigma_s} \right)^{n_v}$$

$$K_z = 0,95$$

$$K_{nv} = 0,9 \text{ для прокату.}$$

$$K_{uv} = 0,65$$

$$K_{mv} = K_z \cdot \left(\frac{750}{\sigma_s} \right)^{n_v} = 0,95 \cdot \left(\frac{750}{400} \right)^1 = 1,78.$$

Отримаємо:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} = 1,78 \cdot 0,9 \cdot 0,65 = 1,05.$$

Тоді швидкість різання визначається за формулою:

а) чорнове розточування:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v = \frac{350}{50^{0,2} \cdot 2,1^{0,15} \cdot 0,8^{0,45}} \cdot 1,05 = 122,3 \text{ м/с};$$

б) чистове розточування:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v = \frac{350}{50^{0,2} \cdot 0,25^{0,15} \cdot 0,86^{0,45}} \cdot 1,05 = 243,3 \text{ м/с.}$$

4) Частота обертання шпинделя:

а) чорноверозточування:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 122,3}{3,14 \cdot 94} = 414 \text{ об/хв},$$

Відповідно до паспорту $n=315 \text{ об/хв}$.

б) чистове розточування:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 243,3}{3,14 \cdot 94} = 826 \text{ об/хв},$$

згідно паспорту $n=800 \text{ об/хв}$.

5) Фактична швидкість процесу різання:

а) чорнове розточування:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 94 \cdot 315}{1000} = 92,9 \text{ м/с};$$

б) чистове розточування:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 94 \cdot 800}{1000} = 236,1 \text{ м/с}.$$

6) Потужність, яка необхідна для процесу різання:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60},$$

де P_z – тангенціальна сила.

$$P_z = C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p;$$

$C_p=300$; $x=1$; $y=0,75$, $n=-0,15$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{z p};$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^n; \quad n=0,75$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^n = \left(\frac{400}{750} \right)^{0,75} = 0,79,$$

$K_{\phi p} = 0,89$ -чорнове розточування, $K_{\phi p} = 1$ -чистове розточування.

$$K_{\gamma p} = 1,1;$$

$$K_{\lambda p} = 1; K_{\varepsilon p} = 1$$

$$K_{p1} = 0,79 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,77;$$

$$K_{p2} = 0,79 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,87.$$

Тоді отримаємо:

$$P_{z1} = 10 \cdot 300 \cdot 2,1^1 \cdot 0,8^{0,75} \cdot 59,4^{-0,15} \cdot 0,77 = 2189 \text{ Н};$$

$$P_{z2} = 10 \cdot 300 \cdot 0,25^1 \cdot 0,6^{0,75} \cdot 111,4^{-0,15} \cdot 0,87 = 204 \text{ Н}.$$

Потужність процесу різання

а) чорнове розточування:

$$N = \frac{P_{z1} \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{2189 \cdot 92,9}{1020 \cdot 60} = 3,32 \text{ кВт};$$

б) чистове розточування:

$$N = \frac{P_{z1} \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{204 \cdot 236,1}{1020 \cdot 60} = 0,79 \text{ кВт}.$$

7) Потужність, що затрачається на шпинделі:

$$N_{un} = N_{\phi\phi} \cdot \eta = 11 \cdot 0,75 = 8,25 \text{ кВт}.$$

Потужність на шпинделі перевищує розрахункову необхідну потужність, отже обраний верстат забезпечує виконання заданих операцій у заданих режимах.

Режими різання для інших оброблюваних поверхонь визначаємо за довідковими даними [6] та узагальнюємо у відповідній таблиці.

Таблиця 3.12. Таблиця режимів різання

№ п/п	Назва операції, переходу, позиції	Пере- хід	L, мм	t, мм	S _p , мм/об	n, об/х в	V, м/хв, м/с	Час різання , T ₀ , хв	По- да-ча, S _m ,мм/х в
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
005 Уста- нов. А	Токарно- гвинторізна								
	1.Розточити поверхню	1	25	1,5	0,8	630	126,6	0,65	480
	2.Підрізати торець	2	42	1,5	0,6	630	106	0,56	410
	3.Розточити поверхню	3	35	1,5	0,6	315	73,5	0,94	430
	4.Точити поверхню	4	15	1,0	0,6	630	89,0	0,95	460
	5.Точити фаску	5	1,5	1,5	0,6	630	158,8	0,35	460
	6.Розточити отвір	6	20	1,0	1,0	630	87,4	1,35	630
	7.Точити фаску	7	1,5	1,5	0,6	630	77,4	0,35	460
	8.Підрізати торець	8	26	1,5	0,8	315	82,2	0,45	252
Уста- нов. Б	9.Точити конусну поверхню	9	18	1,0	0,6	800	162,2	1,58	480

Продовження таблиці 3.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
010	10.Розточити канавку	10	12	1,0	0,8	315	73,2	1,23	252
	11.Точити фаску	11	16	1,5	0,6	630	120,6	0,70	420
	Вертикально-свердлильна								
	1.Свердлити послідовно 6 отворів	1	15	-	0,25	400	12,5	2,12	380
	2.Цекувати послідовно 6 отворів	2	1	1,0	0,57	200	12,6	1,96	114

Технічне нормування технологічного процесу. Визначення необхідної кількості обладнання та рівня його завантаження

Норми часу встановлюються на основі технологічного розрахунку. Для операції 010 застосовується розрахунково-аналітичний метод, тоді як для інших операцій значення приймаються за діючими нормативами [14].

Норма штучного часу визначається за встановленою методикою:

$$t_{шт} = t_0 + t_d + t_{обсл} + t_{відп}$$

де t_0 – основний час;

t_d – допоміжний час, с;

$t_{обсл}$ – час на обслуговування робочого місця, с;

$t_{відп}$ – час на відпочинок, с.

$t_{уст.з}=0,1\text{хв}$ – встановлення заготовки.

час на встановлення та зміну робочого інструменту:

$$t_{уст}=0,14хв;$$

Час на керування верстатом:

$$t_{yn}=0,18хв ;$$

Час на вимірювання деталі:

$$t_{вим}=0,12хв .$$

Загальний допоміжний час становить:

$$t_{доп} = t_{уст} + t_{уст.з} + t_{уп} + t_{вим} = 0,14 + 0,18 + 0,12 + 0,12 = 0,56 хв$$

Оперативний час становить:

$$t_{оп} = t_{доп} + t_0 = 0,56 + 4,17 = 4,73 хв.$$

Час, на обслуговування робочого місця працівника:

$$t_{обсл} = 4\%t_{оп} = 0,04 \cdot 4,73 = 0,19 хв$$

Час, що затрачається на відпочинок і природні потреби працівника:

$$t_{відп} = 4\%; t_{оп} = 0,19 хв$$

Штучний час на операцію:

$$t_{шт} = 4,73 + 0,19 + 0,19 = 5,11 хв .$$

Підготовчо-заключний час буде:

$$t_{п.з.} = 12 хв .$$

Штучно-калькуляційний час:

$$t_{шк} = \varphi_k \cdot t_0 .$$

$\varphi_k = 2,14$ для одиничного виробництва;

$$t_{ш.к.} = 2,14 \cdot 4,17 = 8,92 хв .$$

Отримані розрахункові результати заносяться до зведеної таблиці. Норми часу для інших операцій визначаються за нормативними даними та також включаються до таблиці.

Таблиця 3.13 Розрахунок штучного часу за операціями технологічного процесу

№ п/п	Назва операції	t_0 хв	$t_{\text{доп. хв}}$			$t_{\text{оп. хв}}$	Час обслугов.		$t_{\text{відп. хв}}$	$t_{\text{шт}}$	$t_{\text{п.з.}}$
			$t_{\text{усп}}$	$t_{\text{упр}}$	$t_{\text{вилл}}$		$t_{\text{обсл}}$	$t_{\text{уст}}$			
005	Токарно- гвинторізна	0,65	0,22	0,24	0,21	1,32	0,04	0,07	0,07	1,5	24
		0,56	0,21	0,22	0,19	1,18	0,08	0,09	0,1	1,45	
		0,94	0,24	0,26	0,2	1,64	0,06	0,08	0,07	1,85	
		0,95	0,07	0,06	0,04	1,12	0,03	0,02	0,03	1,2	
		0,35	0,12	0,08	0,11	0,66	0,04	0,05	0,05	0,8	
		1,35	0,15	0,16	0,18	1,84	0,05	0,04	0,05	1,98	
		0,35	0,14	0,12	0,11	0,72	0,02	0,03	0,03	0,8	
		0,45	0,12	0,14	0,12	0,83	0,04	0,03	0,05	0,95	
		1,58	0,22	0,16	0,18	2,14	0,04	0,07	0,05	2,3	
		1,23	0,19	0,15	0,11	1,68	0,04	0,06	0,07	1,85	
		0,7	0,11	0,12	0,12	1,05	0,04	0,03	0,03	1,15	

№ п/п	Назва операції	t_0 хв	$t_{\text{доп. хв}}$			$t_{\text{оп. хв}}$	Час обслугов.		$t_{\text{відп. хв}}$	$t_{\text{шт}}$	$t_{\text{п.з.}}$
			$t_{\text{усп}}$	$t_{\text{упр}}$	$t_{\text{вилл}}$		$t_{\text{обсл}}$	$t_{\text{уст}}$			
010	Вертикально- свердлильна	2,12	0,22	0,24	0,21	2,79	0,04	0,07	0,64	3,54	12
		1,96	0,06	0,07	0,05	2,14	0,02	0,03	0,02	2,21	

Коефіцієнт завантаження верстата визначається як відношення розрахункової кількості верстатів до прийнятої (фактичної) кількості обладнання:

$$\eta_3 = \frac{m_p}{m_n};$$

Розрахункова кількість верстатів у даному випадку не визначається, оскільки відсутні вихідні дані щодо програми випуску деталі (кришки). З урахуванням умов експлуатації обладнання в ремонтному цеху підприємства приймаємо кількість верстатів рівною 1.

Коефіцієнт завантаження верстата за основним технологічним часом визначається як:

$$\eta_0 = \frac{t_0}{t_{шт}},$$

який показує частку машинного часу у загальній тривалості роботи верстата:

$$\eta_0^{005} = \frac{9,11}{12,83} \cdot 100 = 71\% \text{ (токарно-гвинторізна);}$$

$$\eta_0^{010} = \frac{4,17}{5,11} \cdot 100 = 82\% \text{ (вертикально-свердлильна).}$$



Рисунок 3.7. Графічне зображення використання обладнання за основним часом

Коефіцієнт використання обладнання за потужністю визначається як відношення необхідної потужності різання до встановленої (номінальної) потужності верстата:

$$\eta_n = \frac{N_{on}}{N_{верст}};$$

Де N_{on} -потужність для виконання операції, Вт;

$N_{верст}$ -потужність двигуна верстату, Вт.

$$\eta_n^{005} = \frac{4,3 \cdot 100}{11} = 40\% \text{ (токарно-гвинторізна)}$$

$$\eta_n^{010} = \frac{1,35 \cdot 100}{2,2} = 61,4\% \text{ (вертикально-свердлильна)}$$

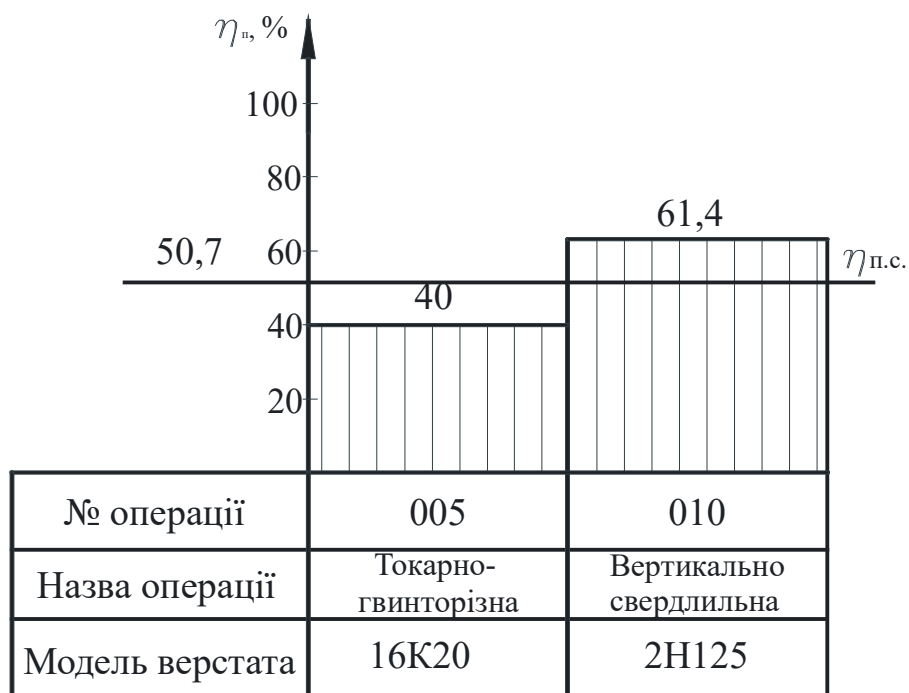


Рисунок 3.8 Використання обладнання за потужністю

4. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці

4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів при монтажі, експлуатації та ремонті ескімогенератора Л5-ОЭК

Ескімогенератор Л5-ОЭК є складним технологічним обладнанням, призначеним для виробництва морозива типу «ескімо». У процесі його експлуатації використовуються механічні, електричні, холодильні та теплотехнічні системи, що створюють певні небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Забезпечення безпечних умов праці під час монтажу, експлуатації та ремонту обладнання є важливою складовою безаварійної роботи підприємств молочної промисловості.

Під час обслуговування ескімогенератора на працівників можуть впливати такі небезпечні фактори:

- рухомі частини приводу, транспортних механізмів та дозувальних пристроїв;
- можливість затягування одягу або рук у механізми машини;
- підвищена небезпека ураження електричним струмом від електродвигунів, пускової апаратури та електронагрівальних елементів;
- ризик травмування під час монтажу та демонтажу важких вузлів обладнання;
- можливість витоку холодоагенту із системи охолодження;
- небезпека опіків гарячою водою або парою під час санітарної обробки обладнання.

До основних шкідливих факторів належать:

- підвищений рівень шуму від роботи приводів, насосів та холодильних агрегатів;

					КРБ 321.00.00.000 ПЗ									
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата										
Розроб.		Дзвінка І.Т.			4. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці				Літ.		Арк.		Аркушів	
Консульт.		Окіпний І.Б.												
									ФМТ, каф. ОХ, ст. гр. МОЗ-41					
Н. контр.		Кравець О.І.												
Затверд.		Пилипець О.М.												

- локальна вібрація обладнання;
- підвищена вологість повітря виробничих приміщень;
- знижена температура в зоні роботи холодильного обладнання;
- наявність мийних і дезінфекційних засобів, які можуть подразнювати шкіру та органи дихання;
- фізичне навантаження під час виконання ремонтних операцій.

Для запобігання виробничому травматизму та професійним захворюванням необхідно забезпечити виконання вимог охорони праці, своєчасне технічне обслуговування обладнання та належний контроль за його технічним станом.

4.2 Вимоги безпеки під час монтажу ескімогенератора Л5-ОЭК

Монтаж ескімогенератора повинен виконуватися відповідно до технічної документації заводу-виробника та вимог чинних нормативних документів.

Перед початком монтажних робіт необхідно:

- перевірити готовність фундаменту та монтажного майданчика;
- забезпечити достатнє освітлення робочої зони;
- підготувати справний монтажний інструмент;
- перевірити вантажопідіймальні механізми та стропи;
- провести інструктаж працівників з питань безпеки.

Під час виконання монтажних робіт забороняється:

- перебувати під піднятим вантажем;
- використовувати несправні стропи та такелажні пристрої;
- виконувати монтаж обладнання без його надійного закріплення;
- працювати без засобів індивідуального захисту.

Після завершення монтажу необхідно виконати перевірку правильності складання всіх вузлів, справності електрообладнання, герметичності холодильного контуру та надійності кріплення обладнання до фундаменту.

До роботи на ескімогенераторі допускаються особи, які пройшли навчання, інструктаж з охорони праці та ознайомлені з правилами експлуатації обладнання.

Перед початком роботи оператор повинен:

- перевірити технічний стан машини;
- оглянути захисні огороження рухомих механізмів;
- переконатися у справності контрольно-вимірювальних приладів;
- перевірити герметичність холодильних комунікацій;
- упевнитися у відсутності сторонніх предметів у робочій зоні.

Під час роботи обладнання забороняється:

- відкривати захисні кожухи;
- проводити очищення або регулювання рухомих вузлів;
- торкатися електрообладнання вологими руками;
- залишати працююче обладнання без нагляду.

У випадку появи сторонніх шумів, витіку холодоагенту, порушення роботи електроприводу або аварійного підвищення температури обладнання необхідно негайно зупинити машину та повідомити відповідального працівника.

Перед початком ремонту ескімогенератор необхідно відключити від електромережі, перекрити подачу холодоагенту та виконати заходи щодо унеможливлення випадкового запуску обладнання.

Ескімогенератор Л5-ОЭК оснащений електродвигунами, системами автоматичного керування та контрольно-вимірювальними приладами, що потребує дотримання підвищених вимог електробезпеки.

Для захисту персоналу від ураження електричним струмом передбачають:

- захисне заземлення металевих частин обладнання;
- використання автоматичних вимикачів і пристроїв захисного відключення;
- періодичну перевірку опору ізоляції;
- застосування кабелів та електроапаратури відповідного класу захисту;

- виконання ремонтних робіт тільки після повного відключення електроживлення.

До обслуговування електрообладнання допускаються лише працівники, які мають відповідну групу допуску з електробезпеки.

На підприємствах молочної промисловості особливу увагу приділяють пожежній безпеці через наявність електрообладнання, мастильних матеріалів, пакувальних матеріалів та інших горючих речовин.

Основними заходами пожежної безпеки є:

- утримання обладнання в справному технічному стані;
- своєчасне очищення приміщень від пилу та відходів виробництва;
- контроль стану електропроводки;
- недопущення використання відкритого вогню в робочих приміщеннях;
- забезпечення працівників первинними засобами пожежогасіння.

У виробничих приміщеннях повинні бути встановлені порошкові та вуглекислотні вогнегасники, пожежні щити, а також розроблені плани евакуації персоналу.

Оскільки ескімогенератор використовується для виробництва харчової продукції, важливе значення мають санітарно-гігієнічні умови праці.

Для забезпечення належного санітарного стану необхідно:

- регулярно проводити миття та дезінфекцію обладнання;
- використовувати харчові мастильні матеріали у вузлах, що контактують із продукцією;
- підтримувати нормативні параметри мікроклімату;
- забезпечувати ефективну вентиляцію виробничих приміщень;
- організовувати своєчасне видалення виробничих відходів.

Працівники повинні працювати в чистому санітарному одязі та дотримуватись правил особистої гігієни.

Під час експлуатації та ремонту ескімогенератора необхідно мінімізувати негативний вплив на довкілля.

Основні природоохоронні заходи включають:

- раціональне використання води та електроенергії;
- запобігання витокам холодоагенту;
- правильне поводження з відпрацьованими мастилами та технічними рідинами;
- сортування та утилізацію металевих відходів;
- передачу небезпечних відходів спеціалізованим підприємствам.

Виконання зазначених заходів сприяє екологічно безпечній роботі підприємства та зменшенню негативного впливу виробництва на навколишнє середовище.

Висновки до розділу

У розділі проаналізовано небезпечні та шкідливі виробничі фактори, що виникають під час монтажу, експлуатації та ремонту ескімогенератора Л5-ОЭК. Розроблено комплекс організаційних і технічних заходів щодо забезпечення безпечних умов праці, електро- та пожежної безпеки, виробничої санітарії й охорони навколишнього середовища. Запропоновані заходи дозволяють знизити ризик виробничого травматизму, забезпечити безпечну експлуатацію обладнання та підвищити надійність виробничого процесу виготовлення морозива.

Загальні висновки

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання підвищення ефективності роботи ескімогенератора марки Л5-ОЭК шляхом удосконалення підходів до його монтажу, експлуатації та ремонту.

У процесі роботи виконано аналіз сучасного обладнання для виробництва морозива та визначено основні тенденції розвитку галузі. Встановлено, що надійність ескімогенераторів безпосередньо впливає на стабільність технологічного процесу та якість готової продукції.

Досліджено конструкцію та принцип роботи ескімогенератора Л5-ОЭК, визначено особливості функціонування його основних вузлів. На основі проведених розрахунків обґрунтовано технічні рішення щодо модернізації приводу та робочих механізмів.

Розроблено рекомендації з монтажу обладнання, які забезпечують його правильне встановлення та підключення в умовах виробництва. Окрему увагу приділено питанням технічної експлуатації та причинам основних відмов, пов'язаних із зношуванням вузлів і механізмів.

Сформовано систему планово-попереджувального ремонту, що дозволяє своєчасно виконувати обслуговування та зменшувати кількість аварійних зупинок. Також розроблено технологію ремонту глазурувальної головки, включаючи виготовлення та обробку однієї з її ключових деталей.

Практичне значення роботи полягає у можливості використання запропонованих рішень для підвищення надійності, зниження витрат на обслуговування та забезпечення стабільної роботи ескімогенератора Л5-ОЭК у виробничих умовах.

					КРБ 321.00.00.000 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Загальні висновки				Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Дзвінка І.Т.									
Перевір.		Пилипець О.М.									
Н. контр.		Кравець О.І.									
Затверд.		Пилипець О.М.			ФХМ, каф. ОХ, ст. гр. ХОЗ-41						

Перелік посилань

1. Сухенко Ю. Г., Поліщук Г. Є., Сарана В. В. Морозиво як харчова полідисперсна система // Наукове і технічне забезпечення виробництва морозива : монографія / за ред. Г. Є. Поліщука. Київ : НУБіП України, 2019. С. 11–72.
2. Shrivastav A., Goswami T. K. Conventional industrial ice cream freezers and its thermal design: a review // Journal of Food Science and Nutrition. 2018. Vol. 1, No. 1. P. 21–28.
3. Глушак М. А. Модернізація системи стабілізації температури теплоносія в камері ескімогенератора : кваліфікаційна робота. Кропивницький : ЦНТУ, 2025.
4. Shynkaryk, M., Kravets, O., & Venhrynovych, S. (2021). Features of pressing the juice from viburnum berries. Вісник Тернопільського національного технічного університету, 101(1), 94-101.
5. Шинкарик М.М., Кравець О.І. Основи теплотехніки: навч. посібник. – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2024. 132 с.
6. Improvement of environmental sustainability of milk processing enterprises / Oleh Kravets, Mariia Shynkaryk, Viktor Kravets // Scientific Journal of TNTU. — Tern.: TNTU, 2024. — Vol 114. — No 2. — P. 111–118.
7. Shynkaryk, M., Kravets, O., Papernyak, R., & Lukiychuk, B. (2026). Determining the influence of equipment used in modern cottage cheese production lines on the quantitative and dispersed composition of cheese dust. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(11 (139), 14–22.
8. Кравець О. І., Шинкарик М. М., Ворошук В. Я., Паперняк Р. В. Дослідження впливу кулачкового насоса на процес руйнування сирного зерна при виробництві сиру кисломолочного // Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки. 2026. Том 2, № 2 С. 127-136.

					КРБ 321.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Перелік посилань	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Дзвінка І.Т.						
Перевір.		Пилипець О.М.						
Н. контр.		Кравець О.І.				ФХМ, каф. ОХ, ст. гр. ХОЗ-41		
Затверд.		Пилипець О.М.						

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

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

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

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

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

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

Специфікації