

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему:

Розроблення конструкції та заходів з технічного обслуговування
танка для зберігання дріжджів об'ємом 1 м³

Виконав(ла): студент(ка) IV курсу, групи МО-41

спеціальності 133 "Галузеве машинобудування"

(шифр і назва спеціальності)

	(підпис)	Буцій Б.В. (прізвище та ініціали)
Керівник	(підпис)	Вітенько Т.М. (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	(підпис)	Кравець О.І. (прізвище та ініціали)
Т.В.О Завідувач кафедри	(підпис)	Пилипець О.М. (прізвище та ініціали)
Рецензент	(підпис)	(прізвище та ініціали)

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

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра обладнання харчових технологій

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Т.В.О. Завідувач кафедри

Пилипець О.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« 03 » лютого 2026 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 133 “Галузеве машинобудуванiня”

(шифр і назва спеціальності)

студенту Буцію Богдану Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення конструкції та заходів з технічного обслуговування танка для зберігання дріжджів об'ємом 1 м

Керівник роботи доктор технічних наук, професор кафедри ОХ Вітенько Тетяна Миколаївна

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

Затверджені наказом ректора від « 02 » лютого 2026 року № 4/9-93.

2. Термін подання студентом завершеної роботи « 19 » червня 2026 року

3. Вихідні дані до роботи Паспорт та інструкції з експлуатації дріжджового танка об'ємом 1м³

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1)Загально-технічна частина

2)Технологічна частина

3)Конструкторська частина

4)Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

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

1)Дріжджовий танк 1м3. Вигляд загальний (1 л.ф.А1)

2)Мішалка. Складальне креслення (1 л.ф.А1)

3)Технологічна схема складання-розбирання вузла мішалки дріжджового танка 1м3 (1 л.ф.А1)

4)Пристрій для фрезерування шпонкового пазу. Складальне креслення (1 л.ф.А1)

5)Графічний результат чисельного розрахунку дріжджового танка (1 л.ф.А1)

6)Графічне представлення технологічного процесу механічної обробки вала мішалки дріжджового танка 1м3 (1 л.ф.А1)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Загально-технічна частина	д.т.н. Вітенько Т.М.		
Технологічна частина	д.т.н. Вітенько Т.М.		
Нормоконтроль	к.т.н. Кравець О.І.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	к.т.н. Кравець О.І.		

7. Дата видачі авдання « 03 » лютого 2026 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічна частина	03.02.2026 – 23.02.2026	
2	Технологічна частина	24.02.2026 – 15.04.2026	
3	Конструкторська частина	16.04.2026 – 25.05.2026	
4	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	26.05.2026 – 10.06.2026	
5	Висновки	11.06.2026 – 19.06.2026	
	Графічна частина		
1	Дріжджовий танк 1мЗ. Вигляд загальний (1 л.ф.А1)	03.02.2026 – 23.02.2026	
2	Мішалка. Складальне креслення (1 л.ф.А1)	24.02.2026 – 20.03.2026	
3	Технологічна схема складання-розбирання вузла мішалки дріжджового танка 1мЗ (1 л.ф.А1)	21.03.2026 – 15.04.2026	
4	Пристрій для фрезерування шпонкового пазу. Складальне креслення (1 л.ф.А1)	16.04.2026 – 15.05.2026	
5	Графічний результат чисельного розрахунку дріжджового танка (1 л.ф.А1)	16.05.2026 – 31.05.2026	
6	Графічне представлення технологічного процесу механічної обробки вала мішалки дріжджового танка 1м ³ (1 л.ф.А1)	01.06.2026 – 19.06.2026	

Студент

(підпис)

БУЦІЙ Б.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

ВІТЕНЬКО Т.М.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота на тему: «Розроблення конструкції та заходів з технічного обслуговування танка для зберігання дріжджів об'ємом 1 м³» виконана Буцієм Богданом Володимировичем.

Робота складається з 92 сторінок, містить 14 ілюстрацій, 13 таблиць та 6 креслень.

Мета роботи: проєктування ємності для зберігання дріжджової суспензії та розроблення комплексу заходів з її технічного обслуговування, спрямованих на забезпечення надійної та безпечної експлуатації.

Основні задачі, що вирішуються: проєктування танка об'ємом 1 м³ з конічним днищем, двозонною системою термостатування, регульованими опорами, мотор-редуктором лопатевої мішалки та ротаційною миючою головкою для проведення СІР-мийки; обґрунтування вибору конструкційного матеріалу; розроблення заходів з технічного обслуговування; складання графіка планово-попереджувальних ремонтних робіт; розроблення технологічного процесу розбирання та складання вузла мішалки; розроблення технологічного процесу механічної обробки кінцевого валу мішалки; проєктування пневматичного затискного пристосування для фрезерування шпонкових пазів; виконання перевірочних розрахунків міцності елементів танка аналітичним методом та методом скінченних елементів; розроблення заходів з охорони праці, зокрема аналіз динаміки працездатності людини-оператора, факторів виробничого середовища, методів діагностики втоми та заходів щодо її попередження.

Практичне значення роботи полягає у розробці завершеної конструкторської документації на дріжджовий танк корисним об'ємом 1 м³, що

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Буцій Б.В.			АНОТАЦІЯ			Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Вітенько Т.М.								2	92
Н. Контр.		Кравець О.І.						ТНТУ, ФМТ, ст. гр. МО-41			
Затверд.		Пилипець О.М.									

придатний для використання в броварнях, дріжджових заводах та малих виробництвах харчової промисловості. Розроблені заходи з технічного обслуговування, включно із системою планово-попереджувальних ремонтів та технологією відновлення вала мішалки, дозволяють продовжити міжремонтні інтервали, знизити витрати на експлуатацію та ремонт, а також підвищити рівень безпеки праці обслуговуючого персоналу. Результати роботи можуть бути використані на підприємствах харчової промисловості та у освітньому процесі.

Ключові слова: танк для зберігання дріжджів, дріжджова суспензія, ємність, технічне обслуговування, конструкція, охолоджувана ємність, пропіленгліколь, санітарна обробка, СІР-мийка, мотор-редуктор, харчове машинобудування, планово-попереджувальний ремонт, вал мішалки, SolidWorks Simulation.

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

ABSTRACT

Qualification Thesis on the topic: "Development of the Design and Maintenance Measures for a 1 m³ Yeast Storage Tank" was completed by Butsiy Bohdan Volodymyrovych.

The thesis consists of 89 pages, contains 14 illustrations, 13 tables, and 6 drawings.

The aim of the work is the design of a tank for storing yeast suspension and the development of a set of maintenance measures aimed at ensuring reliable and safe operation.

The main tasks to be solved are: the design of a 1 m³ tank with a conical bottom, a two-zone thermostating system, adjustable supports, a gear motor for a paddle mixer, and a rotary washing head for CIP cleaning; the choice of structural material is substantiated; maintenance measures are developed; a schedule of preventive maintenance works is drawn up; the technological process of disassembling and assembling the mixer unit is developed; the technological process of machining the mixer shaft end is developed; a pneumatic clamping device for milling keyways is designed; verification strength calculations of tank elements are performed using the analytical method and the finite element method; occupational safety measures are developed, including the analysis of the human-operator's work capacity dynamics, environmental factors, methods of fatigue diagnostics, and measures for its prevention.

The practical significance of the work lies in the development of complete design documentation for a yeast tank with a useful volume of 1 m³, which is suitable for use in breweries, yeast plants, and small-scale food industry productions. The developed maintenance measures, including the system of preventive maintenance and the shaft restoration technology, allow extending the intervals

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ABSTRACT					
Розроб.		Буцій Б.В.								
Перевір.		Вітенько Т.М.								
Н. Контр.		Кравець О.І.								
Затверд.		Пилипець О.М.								
					Лім.		Арк.		Акрушів	
							4		92	
					ТНТУ, ФМТ, см. зр. МО-41					

between overhauls, reducing operating and repair costs, and increasing the occupational safety level of the maintenance personnel. The results of the work can be used in food industry enterprises and in the educational process.

Keywords: yeast storage tank, yeast suspension, tank, maintenance, design, cooled tank, propylene glycol, sanitary processing, CIP cleaning, gear motor, food engineering, preventive maintenance, mixer shaft, SolidWorks Simulation.

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	2
ABSTRACT.....	4
ЗМІСТ	6
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА	9
1.1. Аналіз вихідної інформації. Будова та принцип роботи ємностей для зберігання дріжджів	9
1.2 Сучасні методи і засоби проведення монтажну і ремонтну дріжджового танка об'ємом 1мЗ	11
1.3 Мета і задачі кваліфікаційної роботи	13
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	15
2.1 Технологічний регламент та інженерний супровід експлуатації дріжджового танка об'ємом 1 м³.....	15
2.2 Монтаж дріжджового танка об'ємом 1 м³.....	18
2.2.1 Організаційні засади та вибір методу монтажу дріжджового танка об'ємом 1 м³	20
2.2.2 Інспекція фундаменту, вихідний контроль та складування вузлів дріжджового танка об'ємом 1 м³.....	22
2.2.3 Такелажні операції. Вибір засобів та послідовність переміщення дріжджового танка об'ємом 1 м³.....	23
2.2.4 Технологія розмічувальних робіт під встановлення резервуара ...	24
2.3 Порядок проведення ремонту та випробування дріжджового танка	26

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Буцій Б.В.			ЗМІСТ	Лім.		Арк.	Акрушів
Перевір.		Вітенько Т.М.						6	92
						ТНТУ, ФМТ, см. гр. МО-41			
Н. Контр.		Кравець О.І.							
Затверд.		Пилипець О.М.							

2.3.1 Основні технічні умови на ремонт дріжджового танка	26
2.3.2 Організація ремонту дріжджового танка та складання графіка ППР	29
2.3.3 Розробка технологічного процесу розбирання та складання вузла мішалки дріжджового танка об'ємом 1 м ³	32
2.3.4 Розроблення технологічного процесу механічної обробки кінцевого вала мішалки дріжджового танка об'ємом 1м ³	39
2.3.4.1 Аналіз конструкції кінцевого вала та вимоги до його виготовлення	39
2.3.4.2 Визначення методу одержання заготовки та технологічних баз для валу мішалки.....	42
2.3.4.3 Розробка маршруту технологічного процесу механічної обробки деталі “Вал”	44
2.3.4.4 Розрахунок припусків, між операційних розмірів та конструювання заготовки	46
2.3.4.5 Вибір різального і допоміжного інструменту, методів та засобів технічного контролю.....	51
2.3.4.6 Розрахунок режимів різання по операціях	54
2.3.4.7 Технічне нормування розробленого технологічного процесу....	58
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	61
3.1 Розрахунок дріжджового танка на міцність об'ємом 1м ³	61
3.2 Розрахунок пристосування для фрезерування шпоночних пазів	73
3.2.1 Розрахунок приводу пристосування	73
3.2.2 Розрахунок пристосування на міцність	75
3.3 Перевірка міцності дріжджового танка в SolidWorks Simulation.....	76
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	80
ВИСНОВКИ	86
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	88
ДОДАТКИ.....	91

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

ВСТУП

Ефективність роботи обладнання на пивзаводах і дріжджових виробництвах визначається не тільки тим, як воно сконструйоване, а й тим, чи може воно довго зберігати живі продукти в потрібних умовах. Дріжджова суспензія - це живі мікроорганізми, тому для неї потрібна низька температура, герметичність і чистота. Також важливо, щоб ємність можна було добре вимити без розбирання. Якщо не дотримуватись потрібних умов, дріжджі втрачають свої властивості, можуть заразитися сторонніми бактеріями, і кінцевий продукт стає неякісним.

Саме тому розроблення конструкції танка для зберігання дріжджів об'ємом 1 м³, а також заходів з його технічного обслуговування є актуальним завданням. Але навіть найкращий танк не працюватиме довго без правильного догляду. Під час роботи деталі зношуються, може порушитись герметичність, збиваються налаштування - і танк поступово виходить з ладу. А це означає, що потрібен швидкий і якісний ремонт.

Надійність танка характеризується його безвідмовністю, довговічністю та ремонтпридатністю. Для забезпечення цих властивостей застосовується система планово-попереджувального ремонту, яка включає регулярні огляди, технічне обслуговування, миття, змащування та своєчасну заміну деталей, що виробляють свій ресурс.

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Буцій Б.В.			ВСТУП			Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Вітенько Т.М.								8	92
								ТНТУ, ФМТ, ст. гр. МО-41			
Н. Контр.		Кравець О.І.									
Затверд.		Пилипець О.М.									

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз вихідної інформації. Будова та принцип роботи ємностей для зберігання дріжджів

Дріжджовий танк об'ємом 1 м³ (рисунок 1.1) застосовується на підприємствах харчової промисловості (броварнях, дріжджових заводах) для тривалого зберігання дріжджової суспензії в охолодженому стані.

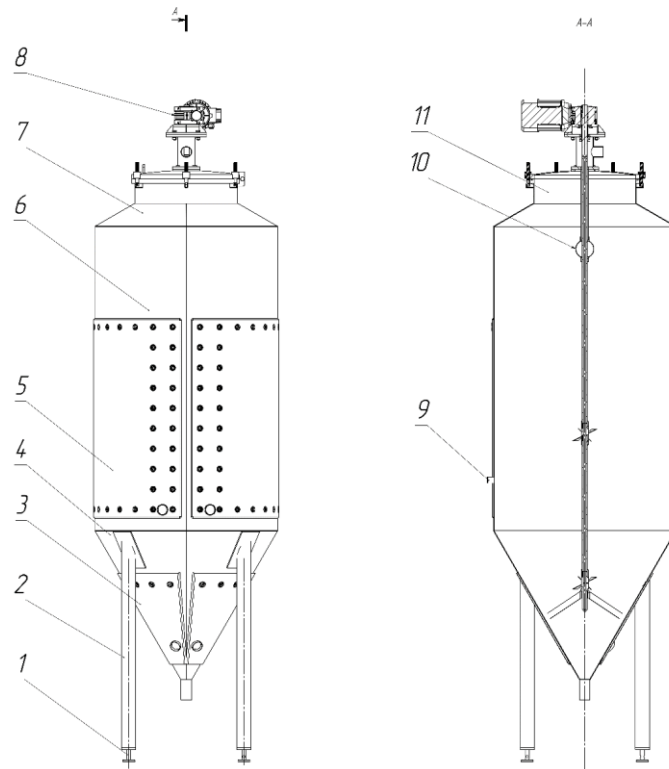


Рисунок 1.1 – Конструктивна схема дріжджового танка: 1 - регульована опора; 2 - опорна стійка; 3 - конічна сорочка охолодження; 4 - конічна обичайка (днище); 5 - циліндрична сорочка охолодження; 6 - циліндрична обичайка (корпус); 7 - конічна кришка; 8 - привід мішалки (мотор-редуктор); 9 - штуцер для під'єднання датчика температури; 10 - миюча головка; 11 - оглядовий люк.

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА			Літ.	Арк.	Акрушів	
Розроб.		Буцій Б.В.								9	92
Перевір.		Вітенько Т.М.									
Н. Контр.		Кравець О.І.						ТНТУ, ФМТ, ст. гр. МО-41			
Затверд.		Пилипець О.М.									

Основу апарата складає вертикальна зварна конструкція, яка встановлюється на систему опор, що включає опорні стійки 2 та регульовані гвинтові опори 1. Використання регульованих опор дозволяє забезпечити точне вертикальне положення апарата, що є важливою умовою стабільної роботи приводу мішалки 8 та забезпечення гравітаційного зливу дріжджової суспензії через нижню точку конічної частини.

Корпус ємності складається з циліндричної обичайки 6 та конічної обичайки 4, яка виконує функцію технологічного днища. Конічна форма днища з оптимальним кутом нахилу забезпечує ефективний злив та видалення дріжджової суспензії. Верхня частина апарата герметично закривається конічною кришкою 7, яка слугує основою для монтажу основних технологічних вузлів і забезпечує необхідну жорсткість конструкції при виникненні внутрішнього тиску.

У конструкції апарата передбачена двозонна система термостатування, що складається з конічної сорочки 3 та циліндричної сорочки 5. Така схема дозволяє здійснювати диференційоване охолодження залежно від рівня заповнення ємності продуктом, що підвищує ефективність тепловідведення та зменшує енергоспоживання.

Як холодоносієм у системі використовується водний розчин пропіленгліколю. Завдяки своїм теплофізичним властивостям він забезпечує ефективне відведення тепла, що виділяється в процесі метаболізму дріжджів, та підтримує температуру зберігання дріжджів у межах від +2 °С до +4 °С. Використання харчового пропіленгліколю забезпечує безпечність технологічного процесу та виключає ризик токсичного забруднення продукту у випадку розгерметизації системи.

Контроль температурного режиму здійснюється за допомогою датчика температури, встановленого у спеціальному штуцері 9. Сигнал від датчика передається на систему автоматичного керування, яка регулює подачу холодоносія до сорочок охолодження.

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Для запобігання седиментації та налипанню дріжджової біомаси на внутрішні поверхні апарата використовується мішалка з приводом 8, яка забезпечує повільне перемішування суспензії. Таке перемішування підтримує однорідність середовища та запобігає механічному пошкодженню клітин дріжджів.

Санітарна обробка апарата здійснюється за допомогою ротаційної мийучої головки 10, яка забезпечує проведення СІР-мийки внутрішніх поверхонь під тиском. Це дозволяє ефективно видаляти залишки продукту та забезпечувати необхідний рівень санітарної чистоти перед кожним новим циклом роботи.

Для візуального контролю внутрішнього простору апарата та проведення сервісних операцій передбачений герметичний оглядовий люк 11, оснащений ущільнювальними елементами, стійкими до дії мийних та дезінфекційних розчинів.

1.2 Сучасні методи і засоби проведення монтажу і ремонту дріжджового танка об'ємом 1м³

Реалізація сучасних проектів із монтажу та подальшого технічного супроводу дріжджових танків базується на впровадженні прецизійних інженерних рішень та суворому дотриманні санітарно-гігієнічних норм для зварних вузлів. На етапі монтажу критичне значення має точність базування апарата на фундаменті. Конструктивно це вирішується через використання системи опор, що включає несучі стійки 2 та механізми регулювання 1. Для досягнення проектного положення доцільно використовувати лазерні нівеліри з похибкою не більше 0,1 мм/м. Такий підхід дозволяє нівелювати ризики перекосу корпусу, що є визначальним для забезпечення співвісності привода 8 та вала перемішувального пристрою. Виключення ексцентриситету в цьому вузлі дозволяє суттєво знизити динамічні навантаження на торцеві ущільнення та підшипникові групи, пролонгуючи безвідмовну роботу всього агрегату.

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Основним функціональним вузлом є лопатева мішалка 7. Її параметри оптимізовано під реологію дріжджової суспензії. Вибір безшовної нержавіючої труби DN 25 (сталь AISI 304) для виготовлення вала обумовлений необхідністю досягнення високої жорсткості при мінімізації власної маси. Перехід від суцільнометалевих стрижнів до трубчастого прокату дозволяє розвантажити підшипники мотор-редуктора та зменшити пускові інерційні моменти.

Особлива увага в роботі приділена якості поверхонь. Фінішне шліфування валу до показника $Ra < 0,4$ мкм мінімізує адгезію біомаси та підвищує ефективність CIP-мийки. Геометрія лопатей розрахована на генерацію аксіальних потоків помірної інтенсивності. Це забезпечує підйом клітин із конічного днища 4 без виникнення критичних зсувних напружень, які могли б призвести до механічного руйнування оболонок дріжджів.

Експлуатаційний режим передбачає варіювання частоти обертання в діапазоні 15-30 об/хв за допомогою частотного інвертора. Це сприяє підтримці ламінарного руху середовища та оптимізує теплообмін через сорочки охолодження 3 та 5.

Щодо технології з'єднань, то пріоритетним є використання аргонодугового зварювання TIG. Впровадження автоматичного орбітального зварювання гарантує отримання ідеально гладкого зворотного валика шва без пір, що є критичним для харчових виробництв. Після зварювання обов'язковим етапом є електрохімічне пасивування зон термічного впливу для відновлення антикорозійних властивостей сталі AISI 304.

В межах технічного обслуговування перевірка герметичності охолоджуючих контурів (із пропіленгліколем) проводиться методами кольорової дефектоскопії та гідравлічних випробувань. При ремонті перемішувального пристрою критичним етапом є динамічне балансування валу в зборі з лопатями на спеціалізованих стендах. Це запобігає виникненню резонансних вібрацій, які можуть пошкодити вузол герметизації оглядового люка 11 або конічну кришку 7.

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Для забезпечення стерильності в місці проходу валу встановлено касетне торцеве ущільнення (пари SiC - графіт») з ресурсом до 8000 годин. Заміна периферійного обладнання, як-от миючих голівок 10 або датчиків у штуцерах 9, спрощена завдяки використанню клампових з'єднань за стандартом ISO 2852, що виключає появу недренованих «мертвих зон».

1.3 Мета і задачі кваліфікаційної роботи

Метою роботи є розроблення конструкції ємності для зберігання дріжджової маси корисним об'ємом 1 м³, а також розроблення комплексу заходів з її технічного обслуговування. Реалізація поставленої мети спрямована на забезпечення надійної, безпечної та санітарно-гігієнічної експлуатації обладнання на підприємствах харчової промисловості.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

1. Проектування танка об'ємом 1 м³ з конічним днищем, двозонною системою термостатування, регульованими опорами, мотор-редуктором лопатевої мішалки та ротаційною миючою головкою для проведення СІР-мийки;
2. Обґрунтування вибору конструкційного матеріалу;
3. Розроблення заходів з технічного обслуговування;
4. Складання графіка планово-попереджувальних ремонтних робіт;
5. Розроблення технологічного процесу розбирання та складання вузла мішалки;
6. Розроблення технологічного процесу механічної обробки кінцевого валу мішалки;
7. Проектування пневматичного затискного пристосування для фрезерування шпонкових пазів;
8. Виконання перевірочних розрахунків міцності елементів танка аналітичним методом та методом скінченних елементів;

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

9. Розроблення заходів з охорони праці, зокрема аналіз динаміки працездатності людини-оператора, факторів виробничого середовища, методів діагностики втоми та заходів щодо її попередження.

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Технологічний регламент та інженерний супровід експлуатації дріжджового танка об'ємом 1 м³

Дріжджовий танк місткістю 1 м³ є складним інженерним об'єктом, що поєднує функції зберігання біологічно активної речовини та роботи під тиском, тому його експлуатація підпорядковується як технологічним інструкціям харчового виробництва, так і жорстким вимогам нормативних документів щодо безпеки посудин, що працюють під тиском. До самостійної роботи з обслуговування резервуара допускаються особи, які досягли 18-річного віку, пройшли спеціалізоване навчання, атестовані кваліфікаційною комісією та мають відповідне посвідчення, при цьому періодична перевірка їх знань проводиться щорічно. Оператор технологічних установок (III-IV розряд) безпосередньо відповідає за візуальний контроль обладнання, дотримання параметрів миття, герметичність з'єднань та ведення вахтової документації, тоді як слюсарі-ремонтники та наладчики, що залучаються до технічного обслуговування, зобов'язані мати підтверджений досвід роботи з кислотостійкими сталями та знати специфіку зварювання харчових матеріалів.

Перед початком кожного експлуатаційного циклу оператор зобов'язаний провести зовнішній огляд танка, акцентуючи увагу на стані зварних швів у місцях приєднання патрубків та люка, цілісності теплоізоляції, справності показчика рівня та наявності захисних кожухів на скляних рівнемірах. Контрольно-вимірювальні прилади, такі як манометр та термометр опору, повинні мати діючі свідоцтва про повірку, а запобіжний клапан має бути відрегульований на тиск спрацьовування, що не перевищує робочий більш ніж на 15%. Щорічна перевірка опору заземлювального контуру з фіксацією

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Буцій Б.В.			РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА			Лім.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Вітенько Т.М.								15	92
								ТНТУ, ФМТ, см. гр. МО-41			
Н. Контр.		Кравець О.І.									
Затверд.		Пилипець О.М.									

результату в технічному паспорті є обов'язковою умовою безпеки, при цьому нормоване значення опору не повинно перевищувати 4 Ом.

З огляду на високу чутливість дріжджів до інфікування сторонньою мікрофлорою, санітарна обробка танка є найвідповідальнішою технологічною операцією. Із цією метою використовується стаціонарна СІР-станція, яка забезпечує циркуляцію мийних розчинів без розбирання обладнання. Регламент миття включає попереднє відведення залишків продукту, перший цикл промивання технічною водою (30-40°C) до освітлення зливу, лужне миття 2-3% розчином гідроксиду натрію при 75-80°C протягом 30-45 хвилин для гідролізу білкових забруднень, проміжне промивання водою до рН 7-8, кислотне миття (1-2 рази на тиждень) 0,5-1% розчином азотної або фосфорної кислоти при 60-65°C для видалення мінеральних відкладень та пасивації поверхні, фінальне промивання дезінфікованою водою до нейтрального рН та стерилізацію гострою парою при 120-130°C безпосередньо перед подачею дріжджів. Після завершення миття обов'язково перевіряється відсутність залишкового тиску в танку та закриваються всі дренажні вентилі.

Безпосередньо перед подачею дріжджів танк продувається стерильним повітрям через фільтр тонкого очищення 0,2 мкм для створення надлишкового тиску 0,02-0,05 МПа, що запобігає підсмоктуванню нестерильного повітря через нещільності. Заповнення здійснюється нижнім зливом зі швидкістю не більше 0,5 м³/год для мінімізації піноутворення та уникнення гідравлічних ударів, які можуть активувати дихання дріжджів. Під час зберігання система автоматики підтримує температуру холодоагенту на вході в сорочку на рівні -2...0°C, забезпечуючи стабільні показники дріжджової маси +2...+4°C, при цьому щозміни контролюється тиск у танку та відсутність конденсату на зовнішніх поверхнях як індикатор порушення ізоляції або герметичності сорочки.

Підтримання працездатності дріжджового танка на довгострокову перспективу забезпечується системою планово-попереджувальних ремонтів, яка враховує специфіку роботи обладнання в агресивному середовищі та

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

харчові вимоги. Щозмінне міжремонтне обслуговування передбачає контроль параметрів роботи, перевірку герметичності фланцевих з'єднань та сальників запірної арматури, огляд стану КВП, видалення зовнішніх забруднень та внесення показників до вахтового журналу. Періодичний огляд, що проводиться щомісяця, включає ревізію стану силіконових або EPDM ущільнювачів на оглядовому люку та патрубках, примусове відкриття запобіжного клапана для перевірки його працездатності, контроль стану теплової ізоляції та очищення фільтра вентиляції за наявності.

Поточний ремонт виконується за потреби, але не рідше одного разу на 3-6 місяців, і полягає у заміні зношених ущільнень, усуненні негерметичності запірної арматури шляхом підтягування сальників або притирання клапанів, дрібному ремонті теплоізоляції та калібруванні датчиків температури й тиску. Середній ремонт проводиться орієнтовно раз на 2 роки з частковим розбиранням вузлів: демонтажем та дефектуванням арматури із заміною зношених елементів, внутрішнім оглядом порожнини танка з використанням переносних світильників, зачищенням та поліруванням виявлених дефектів внутрішньої поверхні, візуально-вимірювальним контролем зварних швів та опресуванням сорочки охолодження.

Капітальний ремонт, періодичність якого становить 5-8 років залежно від інтенсивності експлуатації, передбачає повне звільнення, демонтаж та очищення танка з подальшою інструментальною дефектоскопією - ультразвуковим контролем товщини стінок та капілярним або магнітопорошковим контролем зварних швів. За потреби виконується ремонт корпусу з вирізкою дефектних ділянок, зварюванням та термообробкою швів, обов'язково проводиться повна заміна всіх ущільнень, прокладок та зношених деталей арматури, відновлення внутрішньої поверхні шліфуванням та поліруванням, фарбування зовнішніх металевих конструкцій, а також позачерговий технічний огляд з гідравлічним випробуванням пробним тиском згідно з паспортом посудини. Аварійний ремонт виконується при позаштатних ситуаціях, таких як гідроудар, розгерметизація корпусу внаслідок корозії або

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

вихід з ладу запобіжного клапана, після чого обов'язково проводиться технічне розслідування причин з фіксацією результатів в окремому акті та позачерговий технічний огляд обладнання.

Кожен випадок технічного обслуговування та ремонту вноситься до ремонтного журналу, при цьому запис містить дату проведення робіт, підстави для них, детальний перелік виконаних операцій та замінені деталі із зазначенням виробника, прізвища виконавців та особи, яка здійснювала приймання, а також відмітку про проведення випробувань. Для забезпечення оперативної заміни зношених елементів на складі ремонтної служби підтримується нормативний запас змінних частин, зокрема комплекти прокладок для люка та патрубків, ремкомплекти для дискового затвора та кульових кранів, запобіжний клапан або ремкомплект до нього, скло для рівнеміра та датчики температури. Таким чином, запропонований регламент експлуатації танка для зберігання дріжджів об'ємом 1 м³ враховує конструктивні особливості обладнання, специфіку біотехнологічного продукту та вимоги нормативної документації до посудин, що працюють під тиском, що в сукупності забезпечує безаварійну роботу, мінімізує ризики мікробіологічного забруднення та подовжує ресурс обладнання до 15-20 років.

2.2 Монтаж дріжджового танка об'ємом 1 м³

Розроблена технологічна схема монтажу базується на положеннях чинної нормативно-технічної бази:

1. НПАОП 0.00-1.81-18 - правила безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском;
2. НПАОП 0.00-1.75-15 - вимоги до вантажно-розвантажувальних робіт та такелажу;
3. ДСТУ-Н Б А.3.1-27:2014, ГОСТ 24444-87 - стандарти організації будівельно-монтажних робіт;
4. Заводські інструкції виробника обладнання.

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Монтажний процес передбачає виконання наступних ключових стадій:

1. Проводиться перевірка стану фундаментної основи на предмет міцності, горизонтальності та відсутності дефектів. Організовується складування вузлів і комплектуючих резервуара, що надійшли, з урахуванням правил охорони праці та вимог зберігання. Штуцери, люки, контрольно-вимірювальні прилади та елементи обв'язки зберігаються в закритому приміщенні для запобігання корозії та потраплянню вологи.

2. Корпус резервуара переміщується за допомогою вантажопідійомних пристроїв під керівництвом досвідченого персоналу. Категорично забороняється стропування за з'єднувальну арматуру або сорочку охолодження. Встановлення у проектне положення здійснюється з урахуванням центру ваги та безпечних зусиль при підйомі.

3. Положення апарата перевіряється інструментально (рівнем, теодолітом); регулюється горизонтальність і вертикальність за допомогою регулювальних опор із шпильками. Допустиме відхилення від вертикальної осі – не більше 5 мм.

4. Підключаються продуктопроводи, магістралі подачі миючих розчинів та охолоджувальні контури. Всі трубопроводи монтуються таким чином, щоб уникнути передачі згинальних та крутних навантажень на з'єднувальну арматуру резервуара.

5. Встановлюються манометри, термодатчики, рівнеміри, запірні та запобіжна арматура відповідно до монтажного креслення. Кріпильні елементи затягуються рівномірно стандартними ключами без використання подовжувачів для запобігання зриву різьби та деформації ущільнювачів.

6. Виконується зовнішній та внутрішній огляд апарата, перевірка герметичності зварних та роз'ємних з'єднань. Гідростатичні випробування проводяться пробним тиском:

- для корпусу - 0,204 МПа;
- для сорочки охолодження - 0,370 МПа.

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

7. Час витримки під пробним тиском становить 15 хвилин. Контроль тиску здійснюється двома манометрами класу точності не нижче 1,5. Результати випробувань вважаються задовільними, якщо протягом зазначеного часу не спостерігалось падіння тиску за манометром, відсутні протікання, краплеутворення або «запотівання» у зварних швах та роз'ємних з'єднаннях. У разі виявлення дефектів складається рекламацийний акт, після усунення яких випробування повторюються в повному обсязі.

8. За наявності відповідних вимог виконується ізолювання резервуара із застосуванням рекомендованого виробником матеріалу та зовнішньої обшивки. Температурний режим поверхні ізоляції контролюється відповідно до технологічного регламенту.

9. Після завершення монтажу та випробувань проводиться оформлення технічної документації (акти виконаних робіт, паспорт посудини). На апарат прикріплюється табличка із зазначенням допустимого тиску, температури та дати наступного технічного огляду. Обладнання вводиться в експлуатацію наказом роботодавця після призначення відповідального персоналу.

2.2.1 Організаційні засади та вибір методу монтажу дріжджового танка об'ємом 1 м³

Процес монтажу технологічного обладнання являє собою комплекс організаційних та інженерних заходів, спрямованих на приведення апарата в робочий стан на виробничій площадці. Для вертикального резервуара об'ємом 1 м³ цей процес включає перевірку цілісності після транспортування, точне розташування в просторі, надійну фіксацію на фундаменті та інтеграцію з технологічними та допоміжними мережами.

У сучасній практиці виділяють декілька підходів до виконання монтажних робіт:

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

1. Господарський спосіб - виконання всього обсягу робіт силами штатного персоналу підприємства-замовника. Такий підхід застосовується для невеликих об'єктів, проте може призводити до порушень монтажної технології через обмежені спеціалізовані навички працівників.

2. Підрядний спосіб - залучення ліцензованої монтажної організації. Фахівці такого профілю мають допуски на роботи підвищеної небезпеки, сучасні вантажопідйомні засоби і повну відповідальність за дотримання нормативних вимог, зокрема НПАОП 0.00-1.81-18.

3. Субпідрядний спосіб - передача окремих технологічних операцій стороннім компаніям. Це застосовується, наприклад, для зварювання харчової нержавіючої сталі або нанесення антикорозійного покриття спеціалізованими підрядниками.

З огляду на те, що танк належить до категорії посудин під тиском та обладнаний сорочкою охолодження, яка вимагає високої герметичності, доцільним є застосування підрядного способу монтажу. Це забезпечує дотримання технологічної дисципліни та гарантує безпечну експлуатацію апарата.

Базовим документом для виконавців робіт є Проект виконання робіт (ПВР), який включає:

- графік переміщення техніки та монтажних вузлів;
- схеми тимчасового кріплення вантажів;
- перелік необхідних інструментів та матеріалів;
- кошторис виконання робіт.

До складу технічної документації також входять паспорт резервуара, креслення загальних виглядів з прив'язками до будівельних конструкцій та інструкція заводу-виробника.

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

2.2.2 Інспекція фундаменту, вихідний контроль та складування вузлів дріжджового танка об'ємом 1 м³

До початку активних монтажних робіт обов'язково передають фронт робіт від будівельної бригади до монтажної команди, і на цьому етапі комісія проводить детальну оцінку стану фундаментної основи під резервуар. Перевіряють відповідність проектним позначкам, зокрема горизонтальність і планарність поверхні, а також міцність бетонної основи – відсутність тріщин, раковин чи напливів. Крім того, здійснюють візуальний контроль дефектів, і будь-які нерівності мають бути усунені до встановлення обладнання.

Паралельно з цим організовують логістику складування монтажних вузлів та чутливих елементів резервуара. Корпус резервуара розміщують на підготовленому майданчику з твердим покриттям, обов'язково на дерев'яних підкладках, щоб запобігти контакту з ґрунтовою вологою. Фланцеві з'єднання та штуцери консервують технічним мастилом для захисту від корозії. Контрольно-вимірювальні прилади, такі як манометри й термометри, зберігають в опалювальних складських приміщеннях або демонтують із корпусу, якщо це передбачено конструкцією. Дрібні кріпильні елементи - болти, шайби, прокладки - сортують за типорозміром і тримають у закритих контейнерах.

Приймання резервуара на монтажний майданчик відбувається шляхом звірки фактичної комплектації з паспортними даними, при цьому контролюють заводське маркування на корпусі, стан зварних швів за допомогою візуального огляду на предмет тріщин або інших дефектів, а також геометрію патрубків та інших виступаючих елементів

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

2.2.3 Такелажні операції. Вибір засобів та послідовність переміщення дріжджового танка об'ємом 1 м³

Дріжджовий резервуар доставляється на об'єкт автомобільним транспортом. Через конструктивні особливості апарата, зокрема наявність сорочки охолодження та чутливість до точкових навантажень, процес транспортування потребує дотримання спеціальних вимог, які виключають ризик пошкодження обладнання.

Резервуар перевозиться у горизонтальному положенні на автоплатформі, обладнаний дерев'яними ложементами. Опори розташовуються рівномірно вздовж циліндричної частини апарата з інтервалом 1-2 метри. Кількість підставок визначається так, щоб запобігти провисанню корпусу під власною вагою.

Основні вимоги до підготовки підставок:

- форма та розміри опор повинні відповідати кресленням резервуара;
- розміщення підставок під елементами сорочки охолодження заборонене, оскільки ці ділянки особливо вразливі до деформацій;
- верхня поверхня опор повинна мати виріз під радіус корпусу для рівномірного розподілу навантаження.

Завантаження резервуара на платформу та його подальше розвантаження на виробничому майданчику здійснюються з використанням вантажопідйомних засобів. Враховуючи масу апарата - 250 кг, доцільно застосовувати автомобільний кран або кран-маніпулятор, встановлений на транспортному засобі. Стропування здійснюється м'якими текстильними стропами з вантажопідйомністю не менше 1 т. Стропи охоплюють корпус у двох протилежних точках, забезпечуючи стабільне положення резервуара під час підйому. Місця захвату підбираються так, щоб уникнути контакту зі сорочкою охолодження. Після встановлення на опори резервуар надійно закріплюється стяжними ремнями. До такого кріплення висувається низка

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

основних вимог. По-перше, кожен ремінь має витримувати навантаження не менше 1000 кг, щоб забезпечити необхідний запас міцності. По-друге, ремені розташовують рівномірно вздовж циліндричної частини резервуара, що запобігає зсуву вантажу під час транспортування. Найкращим варіантом вважається розташування ременів безпосередньо над опорними підставками - це дозволяє мінімізувати згинальні навантаження на корпус. Водночас забороняється встановлювати ремені над сорочкою охолодження, щоб не пошкодити цей конструктивний елемент.

Стяжні ремені затягуються з таким натягом, який забезпечує надійне кріплення, але не створює ризику деформації корпусу. Вільні кінці ременів слід обов'язково фіксувати, щоб уникнути їхнього розгойдування під час руху. На рисунку 2.1 наведено схему розміщення дріжджового резервуара об'ємом 1 м³ на автоплатформі, із зазначенням положення опор, ременів та відповідних зон.

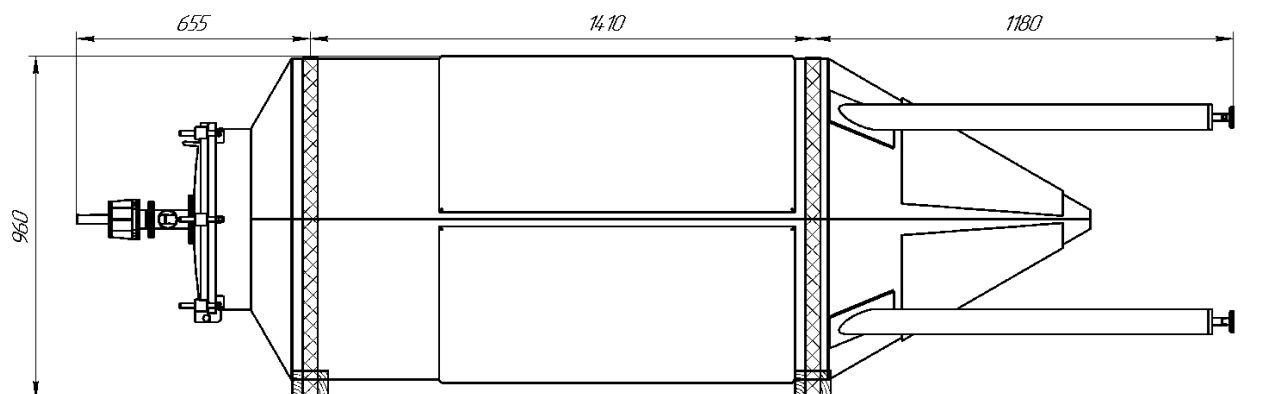


Рисунок 2.1 – Схема розміщення резервуара при транспортуванні

2.2.4 Технологія розмічувальних робіт під встановлення резервуара

Розмітка місця, де згодом встановлюватимуть резервуар, виконується після того, як основу було прийнято, але до початку такелажних робіт. Головна ціль цієї операції - це перенесення проектних координат із креслень безпосередньо на підлогу виробничого приміщення, що дає змогу точно

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

позиціонувати апарат відповідно до технологічної схеми та існуючих будівельних конструкцій.

Під час розмітки оперують кількома ключовими поняттями. Передусім це осі будівлі, тобто базові лінії, нанесені на колони або стіни цеху, які є вихідними орієнтирами для всіх геодезичних побудов. Далі виділяють монтажні осі самого резервуара ц дві взаємно перпендикулярні лінії, що перетинаються в геометричному центрі апарата. Їхнє розташування безпосередньо визначає, де саме стоятиме ємність. Також важливою є прив'язка ц нормована проектом відстань від осей будівлі до монтажних осей резервуара, яка фіксує горизонтальне положення апарата. Окрім того, використовують позначку чистої підлоги ц проектну відмітку рівня підлоги, на яку спиратимуться опорні ніжки резервуара.

Для виконання розмічувальних робіт потрібен такий інструмент: сталева рулетка третього класу точності завдовжки не менше 10 метрів, металевий кутник із широкими полицями, будівельний висок масою 300-500 грамів, гідростатичний рівень або лазерний нівелір, тонкий сталевий дріт діаметром 0,5-0,8 мм, а також крейда, маркер або фарба для фіксації точок на підлозі.

Сам процес розмітки відбувається в кілька послідовних кроків. Спочатку відновлюють головні осі будівлі. Для цього, використовуючи реperi, натягують сталевий дріт, який позначає поздовжню та поперечну осі будівлі. Струну розташовують вище за габарити майбутнього резервуара, щоб вона не заважала подальшим монтажним роботам.

Наступний етап нанесення монтажних осей резервуара. Рулеткою від натягнутих струн відкладають проектні відстані, тобто прив'язки. Отримані точки переносять на поверхню підлоги за допомогою підвісу, а потім через них будують дві взаємно перпендикулярні лінії. Їхній перетин утворює геометричний центр, куди має стати резервуар.

Далі виконують розмітку положення опорних ніжок. Оскільки резервуар спирається на чотири окремі опори, необхідно точно визначити місця їх розташування на підлозі. Від знайденого центру за допомогою рулетки та

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

кутника відкладають відстані до осей кожної опорної ніжки згідно з кресленням . У цих точках наносять ризики, що відповідають центру опорної поверхні кожної ніжки.

Після цього обов'язково перевіряють взаємне розташування опор. Вимірюють відстані між усіма чотирма точками по діагоналях. Для правильного прямокутного розташування опор діагоналі мають бути рівними між собою, а допустиме відхилення не повинно перевищувати ± 3 міліметри. Також перевіряють рівень підлоги. За допомогою гідрорівня або лазерного нівеліра оцінюють горизонтальність поверхні в кожній із чотирьох позначених точок (там, де стоятимуть опори). Виміряні значення порівнюють між собою. Якщо перепади висот виявляються більшими за допустимі , опори ємності потрібно буде регулювати. На завершення проводять контрольну перевірку прив'язок. Після нанесення всіх точок вимірюють відстані від центра резервуара до стін, колон та іншого наявного обладнання. Відхилення не має перевищувати ± 5 міліметрів, щоб забезпечити правильне приєднання трубопроводів і зручність подальшого обслуговування.

2.3 Порядок проведення ремонту та випробування дріжджового танка

2.3.1 Основні технічні умови на ремонт дріжджового танка

Ремонтні заходи щодо дріжджового танка загальним об'ємом 1 м³ спрямовані на відновлення проектних експлуатаційних показників та забезпечення регламентованого рівня асептики при зберіганні дріжджової суспензії. Допуск до проведення ремонтних операцій передбачає попередню підготовку обладнання: реалізацію повноцінного циклу санітарної обробки внутрішнього простору із застосуванням 1,5-2 %-вих розчинів каустичної соди та азотної кислоти, подальше промивання технологічною водою до нейтральних показників рН, а також обов'язкове стравлювання надлишкового тиску до атмосферного рівня. Зазначена послідовність дозволяє мінімізувати

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

ризика контамінації зовнішнього середовища та забезпечити безпеку персоналу під час виконання слюсарно-складальних робіт. Процедура дефектації передбачає пріоритетний контроль якості внутрішніх поверхонь, виконаних із корозійностійкої сталі AISI 304. У разі виявлення локальних пошкоджень, що потребують механічного оброблення або шліфування, параметр шорсткості після фінішної обробки не має перевищувати $Ra \leq 0,8$ мкм. Така вимога обґрунтовується тим, що наявність мікрорельєфу з більшими показниками створює передумови для формування стійких біоплівки та ускладнює досягнення необхідного рівня відмивання при використанні стаціонарних СІР-систем. Відновлення герметичності корпусу, конічного днища або сорочок охолодження здійснюється виключно аргонодуговим зварюванням із неплавким електродом. Допуск до виконання зварювальних операцій надається лише фахівцям, атестованим згідно з чинними нормативними документами. Контроль якості зварних швів орієнтований на виявлення таких дефектів, як пористість та мікротріщини, оскільки ці не суцільності в умовах циклічних навантажень та робочого тиску 1,1 бар можуть стати джерелами прогресуючого руйнування. При монтажі люк та запірно-регулювальної арматури технічними умовами регламентується рівномірне затягування кріпильних елементів із застосуванням динамометричних ключів або стандартного слюсарного інструменту без використання подовжувачів важеля, що дозволяє уникнути перекосів та локальних перенапружень у фланцевих з'єднаннях. Усі ущільнення, демонтовані в процесі ремонту, підлягають обов'язковій заміні незалежно від їхнього візуального стану. Заміна виконується на вироби з харчовим допуском, розраховані на експлуатацію в інтервалі температур від мінус 10 °С до плюс 90 °С, що відповідає режимам як зберігання дріжджів, так і періодичних санітарних обробок. Окремим напрямом ремонтних робіт є відновлення працездатності вертикального перемішуючого вузла, який забезпечує підтримання гомогенності дріжджової суспензії та інтенсивність теплообміну в об'ємі апарата. Конструкція мішалки, змонтованої на конічній кришці, включає

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

електродвигун, редуктор та лопатевий імпелер. Перед початком будь-яких маніпуляцій із приводом виконується відключення живлення з подальшим вивішуванням інформаційного табло «Не вмикати! Працюють люди», що унеможлиблює випадковий пуск обладнання. Технічне обслуговування механічної частини передбачає розконсервацію підшипникових вузлів, їхнє промивання в бензині або підігрітому індустриальному маслі з наступним заповненням свіжим мастильним матеріалом. Окремо контролюється стан робочих поверхонь валу - на них не допускаються risks, задираки або корозійні ураження, оскільки такі дефекти можуть стати осередками накопичення мікроорганізмів та ускладнити санітарну обробку. Після завершення складальних операцій та встановлення танка на регулювальні опори здійснюється вивіряння вертикальності конструкції. Допустиме відхилення від вертикальної осі не має перевищувати 5 мм на повній висоті апарата, що забезпечує коректну роботу вимірювального обладнання та рівномірне навантаження на опорні вузли. Перевірка герметичності та міцності відремонтованого виробу проводиться шляхом гідростатичних випробувань: корпус апарата піддається пробному тиску $2,04 \text{ кгс/см}^2$ ($0,204 \text{ МПа}$) із витримкою протягом 15 хвилин, а сорочки охолодження випробовуються під тиском $3,70 \text{ кгс/см}^2$ ($0,370 \text{ МПа}$) за аналогічної тривалості. Ремонтні роботи визнаються завершеними за умови відсутності видимих теч, падіння тиску за показами контрольних манометрів та відповідності геометричних параметрів зібраних вузлів вимогам конструкторської документації. Після успішного проходження випробувань обладнання допускається до експлуатації в технологічному режимі зі швидкостями заповнення до $25 \text{ м}^3/\text{год}$.

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

2.3.2 Організація ремонту дріжджового танка та складання графіка ППР

Перед початком ремонтних робіт на дріжджовому танку необхідно провести зовнішній огляд обладнання, переконавшись у відсутності видимих пошкоджень корпусу, сорочки охолодження, опорних вузлів та приєднаної арматури. Особливу увагу слід приділити перевірці цілісності зварних швів, стану ущільнень люк, герметичності фланцевих з'єднань та справності контрольно-вимірювальних приладів (термометра, манометра, рівнеміра). Після огляду виконується відключення танка від технологічних комунікацій - трубопроводів подачі холодоагенту, дріжджової суспензії, стисненого повітря та системи СІР-миття. На запірній арматурі встановлюються інформаційні таблички із застереженням про проведення ремонтних робіт.

Наступним етапом є підготовка внутрішньої порожнини апарата до розбирання. Для цього проводиться повний цикл санітарної обробки із застосуванням 1,5–2 %-вих розчинів каустичної соди та азотної кислоти з подальшим промиванням технологічною водою до нейтральних показників рН. Після завершення миття виконується стравлювання залишкового тиску до атмосферного рівня, відкривається люк і здійснюється примусова вентиляція внутрішнього простору протягом не менше 30 хвилин. Контроль відсутності залишкових концентрацій мийних засобів проводиться за допомогою індикаторного паперу або портативного рН-метра. Лише після цього ремонтний персонал допускається до виконання робіт усередині апарата.

Подальша організація ремонту передбачає складання дефектної відомості, в якій фіксується перелік вузлів та деталей, що потребують відновлення або заміни. До дефектної відомості вносяться відомості про стан внутрішньої поверхні корпусу, герметичність сорочки охолодження, технічний стан перемішуючого пристрою, а також стан ущільнювальних елементів та запірно-регулювальної арматури. Дефектна відомість затверджується механіком цеху або головним механіком підприємства і слугує

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

підставою для планування ремонтних заходів та замовлення необхідних запасних частин.

Розбирання дріжджового танка виконується у визначеній послідовності. Спочатку демонтуються засоби контролю та автоматики - термометри опору, манометри, рівнеміри, датчики тиску, після чого вони передаються на перевірку до відділу головного приладобудівника. Наступним етапом від'єднується трубопровідна обв'язка сорочки охолодження та зливається холодоагент у спеціально призначені ємності. Потім демонтується привід перемішуючого пристрою - електродвигун від'єднується від редуктора, редуктор знімається з опорної плити, після чого виконується розбирання сальникового або торцевого ущільнення валу. Лопатевий імпелер від'єднується від вала після попереднього маркування положення для забезпечення правильної збірки. Далі знімаються фланцеві заглушки, демонтуються кришка люк та патрубки. Усі зняті деталі промиваються у спеціальному мийному розчині, протираються насухо чистим безворсовим матеріалом та розкладаються на дерев'яних піддонах або стелажах із маркуванням для забезпечення правильного складання. Для забезпечення ефективної експлуатації дріжджового танка необхідна організація системи планово-попереджувального ремонту, що дозволяє своєчасно виявляти та усувати несправності. Ведення спеціальної технічної документації є основою для обліку та планування заходів, які проводяться під час ППР. До складу документів, необхідних для планово-попереджувального ремонту, входять журнал прийому та здачі обладнання ремонтним персоналом, а також дефектна відомість. Журнал прийому і здачі обладнання ведеться черговим ремонтним персоналом і призначений для фіксації несправностей у роботі обладнання, виявлених під час експлуатації. Цей журнал може слугувати важливим інструментом для оцінки якості роботи танка та планування майбутніх ремонтних заходів.

Ремонтне господарство підприємства забезпечує безперервну експлуатаційну готовність обладнання, подовження міжремонтних періодів,

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

оптимізацію організаційних процесів, підвищення якості ремонтів та мінімізацію витрат на ТО і відновлення. Для цього створюється та впроваджується ефективна система технічного обслуговування, яка запобігає зношуванню та аваріям, а також своєчасно виконуються планово-попереджувальні ремонти для підтримання обладнання в оптимальному технічному стані.

Оскільки дріжджовий танк являє собою зварну ємність, технічний контроль корпусу проводиться раз на рік, а гідравлічне випробування - один раз на 8 років. Однак, враховуючи наявність в ємності мішалки, періодичність технічного контролю визначається за документацією на мотор-редуктор. Згідно з нею, технічний контроль проводиться раз на місяць, технічне обслуговування раз на 6 місяців, а капітальний ремонт раз на 3 роки (тобто через 36 місяців).

Структура ремонтних циклів дріжджового танка наступна:

K – O – O – O – O – O – TO – O – O – O – O – O – TO – O – O – O – O – O – TO – O – O – O – O – O – TO – O – O – O – O – O – TO – O – O – O – O – O – TO – K

Розрахуємо витрати робочого часу на технічне обслуговування та ремонт [4].

Норми часу на ремонтні роботи, люд.-год: K = 26; TO = 6; O = 0,5 .

$$T_{м.ч} = k \cdot R_m, \quad (2.1)$$

де

k - коефіцієнт, що враховує вид ремонту апарата, люд.-год;

R_m - категорія складності ремонту.

Визначаємо, сумуючи значення всіх знаменників: трудомісткість тридцяти O, п'ятьох TO і одного K.

$$30 \cdot 0,5 + 5 \cdot 6 + 1 \cdot 26 = 71 \text{ люд. год}$$

Отриманий результат розбиваєм по операціях:

Слюсарні: $71 \cdot 0,75 = 53,24$ люд.-год

Верстатні: $71 \cdot 0,2 = 14,2$ люд.-год

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Інші: $71 \cdot 0,05 = 3,5$ люд.-год.

Всі значення можна побачити на рисунку 2.4.

№ п/п	Обладнання	Тип мар- ка	інвентарний номер	Час вводу в експлуатацію	Останній ремонт у поперед році		Срок служби з часу останнього ремонту		Тривалість міс/год		План і його виконання	Напряцювання, види ремонту і ТО по місяцях і трудоемкість , люд-год														Загальною трива- лістю робіт норма-2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
					Вид	Мк	Ремонту	ТО	Ремонтного циклу $T_{\text{ц}}$	Періодів між		січень	лютий	березень	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень	листопад	грудень	січень	Всього	в тому числі																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
										Ремонти I_p																ТО $f_{\text{то}}$	списарних	верстатних	інших																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
01	Дріжджовий танка	1м3		06/2021	ТО	6			36/12600	5/1750	1/350	Срок служби чи непрацювання міс/год Фактичний План Виконан- ня	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													

Рисунок 2.4 – Графік планово-попереджувального ремонту

2.3.3 Розробка технологічного процесу розбирання та складання вузла мішалки дріжджового танка об'ємом 1 м³

Ремонт вузла мішалки дріжджового танка об'ємом 1 м³ виконується за технологічним процесом, який охоплює всі операції від підготовки обладнання до випробувань після складання. Мішалка забезпечує гомогенність дріжджової суспензії та рівномірний теплообмін у танку, тому від якості її ремонту залежить стабільність усього технологічного процесу зберігання продукту. Технологія ремонту розроблена відповідно до конструкторської документації, правил безпечної експлуатації обладнання під тиском і санітарних норм харчового виробництва. Весь процес поділяється на п'ять послідовних етапів: підготовка обладнання до ремонту, розбирання вузла, дефектування деталей, комплектація та складання, а також післяремонтні випробування.

Першим етапом є очищення внутрішньої порожнини танка та безпосередньо самого перемішувального пристрою. Незалежно від того, чи планується заміна окремих деталей мішалки, чи виконується їх відновлення, поверхні звільняють від залишків дріжджового осаду, органічних відкладень та інших забруднень. Очищення починають із механічного видалення великих часток за допомогою щіток із м'якою щетиною, які не пошкоджують нержавіючу сталь. Далі внутрішні поверхні танка та вузол мішалки піддають гарячому миттю із застосуванням лужних або кислотних розчинів. Лужні склади ефективно видаляють органічні залишки та жири, кислотні - мінеральні відкладення та оксидні плівки. Після мийки всі поверхні ретельно ополіскують гарячою водою, а за можливості обробляють гострою парою, після чого висушують. Така підготовка не тільки створює безпечні умови для персоналу, який виконує розбирання, але й дозволяє якісно провести дефектацію без маскування дефектів забрудненнями.

Другим етапом є зупинка обладнання та відключення його від усіх комунікацій. Перед тим як приступити безпосередньо до розбирання вузла мішалки, необхідно переконатися у повному знеструмленні електродвигуна. Для цього вимикають автоматичний вимикач на розподільчому щиті, перевіряють відсутність напруги на клеммах двигуна переносним вольтметром, після чого на пусковому пристрої вивішують заборонну табличку з написом «Не вмикати! Працюють люди». Додатково перекривають засувки на підвідних трубопроводах, через які до танка подається дріжджова суспензія, холодоагент або мийні розчини. Залишки продукту зливають через нижній штуцер. Після зливу продукту здійснюють скидання надлишкового тиску з корпусу танка до атмосферного. Для цього відкривають дихальний клапан, якщо він передбачений конструкцією, або відкривають верхній люк, забезпечуючи вільне сполучення внутрішньої порожнини з атмосферою. Контроль відсутності тиску виконують за показаннями манометра, який має знаходитися на нульовій позначці. Лише після виконання всіх перелічених заходів, коли тиск у корпусі дорівнює атмосферному, а електродвигун надійно

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

знеструмлений, вважається, що обладнання безпечно для подальшого розбирання.

Розбирання вузла мішалки виконують у послідовності, яка визначається конструкцією даного виробу. Вал мішалки є розбірним і складається з трьох частин: нижньої, середньої та верхньої. Нижня та середня частини з'єднані між собою різьбовим з'єднанням, що дозволяє демонтувати їх окремо при обмеженому просторі всередині танка. Верхня частина вала, яка безпосередньо контактує з редуктором, має шпонкове з'єднання та передає обертальний момент від приводу до всієї конструкції мішалки. Розбирання починають із демонтажу електродвигуна та редуктора. Попередньо від'єднують муфту, після чого послаблюють кріпильні болти фланцевого з'єднання та знімають електродвигун разом із редуктором, використовуючи підйомний механізм через значну вагу цих складальних одиниць. Далі переходять до демонтажу верхньої частини валу. Для цього вибивають шпонку зі шпонкового паза спеціальним знімачем або витягують її за допомогою лебідки, після чого верхню частину валу відокремлюють від редуктора. Потім викручують середню частину валу з нижньої, використовуючи гайкові ключі відповідного розміру, оскільки різьбове з'єднання може бути затягнуте зі значним зусиллям. Процес відгвинчування полегшується попереднім нагріванням зони різьби газовим пальником або індукційним нагрівачем у випадках, коли під час експлуатації відбулося закипання різьби внаслідок корозії або налипання продукту. Нижню частину валу, яка несе лопаті, демонтують після того, як середня частина повністю вилучена з танка. Різьбові з'єднання між частинами валу перед розбиранням обов'язково маркують для забезпечення правильного складання в майбутньому, оскільки довільне з'єднання різних частин може призвести до дисбалансу валу. Усі зняті деталі складають на чистих дерев'яних піддонах або стелажах, уникаючи їх контакту з підлогою. Забороняється складати деталі одну на одну без м'яких прокладок, оскільки це може призвести до появи подряпин на робочих поверхнях валу, особливо на шпонковому пазу та

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

різбових ділянках. Завершальною операцією розбирання є промивання деталей у гасі або спеціальному мийному розчині з подальшим висушуванням стисненим повітрям, що готує їх до дефектації. Особливу увагу при промиванні приділяють різбовим ділянкам та шпонковому пазу, де можуть накопичуватися залишки продукту та абразивні частки. Послідовність розбирання вузла мішалки дріжджового танка наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Порядок розбирання вузла мішалки дріжджового танка.

№ п/п	Операції і переходи	Інструмент, пристосування, матеріал	Технічні вимоги на складання	Профіль робітника, розряд робітника	Норма часу (хв)	Прийми
1.	Відкрутити гайку №1	Електричний гайковерт DeWALT DW292; головка на 17; ключ ріжковий на 17	—	Слюсар III розряду	1	
2.	Зняти шайбу №2 та пружинну шайбу №5	Плоскогубці	Не пошкодити посадочні поверхні	- // -	0,5	
3.	Зняти болт №3	—	Не пошкодити різьбу	- // -	0,5	
4.	Зняти шайбу №4	Плоскогубці	Без деформації деталей	- // -	0,5	
5.	Зняти мотор-редуктор №6	—	Забезпечити безпечне зняття вузла	- // -	5	

Продовження таблиці 2.4

6.	Зняти втулку розпірну №7	Знімач ; викрутка з прямим шліцом	Не пошкодити посадочні поверхні	- // -	2	
7.	Змістити торцеве ущільнення №8	Ударна викрутка з прямим шліцом; молоток.	Не пошкодити поверхню вала	- // -	2	
8.	Відкрутити болт №9	Електричний гайковерт DeWALT DW292	Не пошкодити різьбу	- // -	1	
9.	Зняти шайбу №10	Плоскогубці	Без деформації деталей	- // -	0,5	
10.	Зняти стакан №11	—	—	- // -	1,5	
11.	Зняти втулку №13	Викрутка з прямим шліцом	Акуратне зняття без задирок	- // -	2	
12.	Зняти миючу головку №12	—	—	- // -	2	
13.	Вийняти мішалку із втулки №24	—	Обережно, без перекошу валу	- // -	1	
14.	Поставити крильчаткою кінцевою №23 на конусну стінку ємності	—	—	- // -	0,5	
15.	Відкрутити гайку із ручкою №25	—	—	- // -	0,5	
16.	Зняти притискну втулку №26	—	—	- // -	0,25	
17.	Відкрити кришку люка	—	—	- // -	0,25	
18.	Вийняти мішалку	—	Обережно, без контакту із ємністю	- // -	0,25	

Продовження таблиці 2.4

19.	Відкрити вал L1300 №14	Два ріжкових ключі на 22	Не пошкодити різьбу	- // -	1	
20.	Зняти ущільнювальне кільце №17	Гачок демонтажу ущільнення	Не пошкодити посадочну поверхню	- // -	0,5	
21.	Зняти ущільнювальне кільце №15	Гачок демонтажу ущільнення	Не пошкодити посадочну поверхню	- // -	0,5	
22	Відкрити проміжну крильчатку №16	Два ріжкових ключі на 22	Не пошкодити різьбу	- // -	1	
23	Зняти ущільнювальне кільце №18	Гачок демонтажу ущільнення	Не пошкодити посадочну поверхню	- // -	0,5	
24	Зняти ущільнювальне кільце №19	Гачок демонтажу ущільнення	Не пошкодити посадочну поверхню	- // -	0,5	
25	Відкрити вал L700 №20	Два ріжкових ключі на 22	Не пошкодити різьбу	- // -	1	
26	Зняти ущільнювальне кільце №19	Гачок демонтажу ущільнення	Не пошкодити посадочну поверхню	- // -	0,5	
27	Зняти ущільнювальне кільце №21	Гачок демонтажу ущільнення	Не пошкодити посадочну поверхню	- // -	0,5	
28	Зняти ущільнювальне кільце №22	Гачок демонтажу ущільнення	Не пошкодити посадочну поверхню	- // -	0,5	
29	Зняти втулку №24	Викрутка з прямим шліцом	Обережно, без задирів	- // -	1	

Дефектування, сортування та зберігання деталей виконують після завершення розбирання. Всі елементи вузла піддають зовнішньому огляду та інструментальному контролю із застосуванням штангенциркуля, мікрометра та, за потреби, методів неруйнівної дефектоскопії. Перевіряють стан робочих поверхонь вала, посадочних місць під підшипники та ущільнення, цілісність лопатей імелера, геометрію вала, стан різбових з'єднань, шпонкового паза та підшипників кочення. За результатами контролю кожен деталь відносять до однієї з трьох груп: придатні до подальшої експлуатації, такі що потребують відновлення, або непридатні та підлягають заміні. Придатні деталі зберігають на стелажах у впорядкованому вигляді. Якщо між дефектацією та складанням передбачається тривала перерва, деталі консервують шляхом нанесення мастила та упакування у вологонепроникний матеріал.

Складання вузла мішалки виконують у послідовності, зворотній до розбирання, з обов'язковим проміжним контролем на кожному етапі. Перед складанням усі деталі очищають, перевіряють відсутність задирок на різбах та посадочних поверхнях. Спочатку з'єднують різбою нижню та середню частини вала, попередньо змастивши різбові ділянки мастилом. Затягування виконують контрольованим моментом згідно з конструкторською документацією. Зібраний вал встановлюють у танк через верхній люк, після чого монтує верхню частину вала, фіксуючи шпонкою. Далі на вал насаджують редуктор, перевіряючи співвісність потім встановлюють електродвигун, з'єднують його з редуктором через муфту та затягують усі різбові кріплення динамометричним ключем. Після завершення складання виконують пробне прокручування мішалки вручну: вал повинен обертатися плавно, без заїдань та сторонніх шумів.

Завершальним етапом є випробування зібраного вузла. Спочатку випробування проводять на холостому ходу, потім - під технологічним навантаженням. Контролюють споживаний струм електродвигуна, температуру нагріву підшипників, рівень вібрації та герметичність ущільнення вала. Витік через ущільнення не допускається. Якщо

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

випробування підтвердили працездатність мішалки, обладнання передають експлуатаційному персоналу за актом приймання-здачі.

2.3.4 Розроблення технологічного процесу механічної обробки кінцевого вала мішалки дріжджового танка об'ємом 1м³

2.3.4.1 Аналіз конструкції кінцевого вала та вимоги до його виготовлення

Вал є одним із основних елементів мішалки дріжджового танка, функція якого полягає у передаванні обертального моменту від приводу до робочого органу. Окрім цього, він виконує роль опори для лопатей, забезпечуючи їх правильне розташування та стабільну роботу, що необхідно для ефективного перемішування середовища під час культивування дріжджів.

Згідно з ескізом, наведеним на рисунку 2.5, та кресленням (додаток А), важливими конструктивними особливостями вала є наявність шпонкового паза та спосіб його виконання.

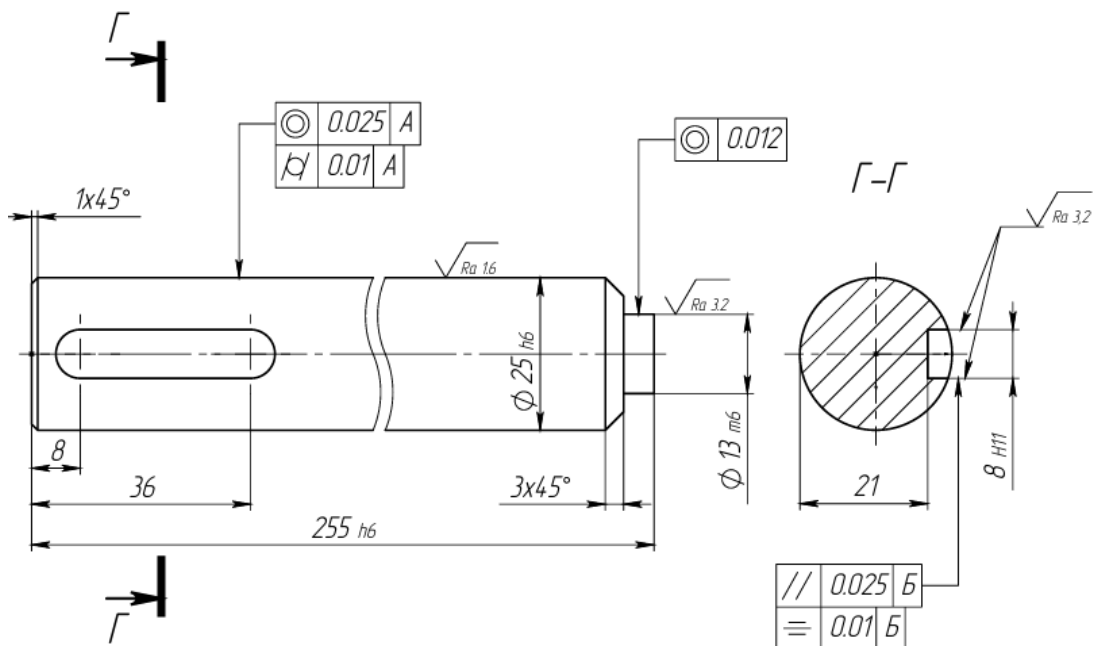


Рисунок 2.5 – Ескіз валу мішалки

На лівому кінці передбачено шпонковий паз довжиною 36 мм і глибиною 8 мм, який слугує для розбірного з'єднання з редуктором і забезпечує передачу крутного моменту. Правий кінець валу, діаметром 25 мм, має фаску $3 \times 45^\circ$ і використовується для кріплення мішалки; це з'єднання є нерозбірним та реалізується за допомогою зварювання.

Деталь виготовляють із корозійностійкої аустенітної сталі AISI 304 (вітчизняний аналог - 08X18H10) (див. таблиці 2.6 та 2.7.) Цей матеріал має високу стійкість до агресивних харчових середовищ і добру пластичність, але не зміцнюється термічно. Тому головна задача технологічного процесу – зберегти стабільність структури та знизити рівень залишкових напружень після механічної обробки.

Таблиця 2.6 – Хімічний склад нержавіючої сталі AISI 304, %

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Ti	Cu	Fe
до 0,08	до 0,8	до 2,0	9-11	до 0,02	до 0,035	17-19	до 0,5	до 0,3	69

Таблиця 2.7 – Механічні властивості сталі AISI 304, %

σв, МПа	σТ, МПа	δ, %	ψ, %
470	204	40	55

При різанні аустенітної сталі слід враховувати її схильність до наклепу, що виникає при високих швидкостях і подачах. Для мінімізації цього ефекту необхідно ретельно підбирати режими різання, геометрію інструменту та застосовувати ефективні мастильно-охолоджувальні рідини. Також важливо контролювати можливі деформації, які можуть порушити точність форми валу.

Конструктивно вал є технологічним. Його довжина становить 255 мм, діаметр - 25 мм, а співвідношення $L/D = 10,2$, що забезпечує достатню жорсткість. Завдяки цьому обробка виконується на продуктивних режимах без

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

ризик прогину заготовки. Єдиним складним елементом є шпонковий паз, який вимагає підвищеної точності виготовлення та контролю шорсткості поверхні.

Виконаємо оцінку технологічності конструктивних елементів деталі за відповідними показниками.

Для кількісної оцінки точності обробки знайдемо усереднений квалітет. Він розраховується з урахуванням кількості розмірів кожного порядку точності [20].

$$T_{cp.} = \frac{\sum T_i * n_i}{\sum n_i} \quad (2.2)$$

де T_i – номер квалітета точності i -ої поверхні; n_i – кількість розмірів деталей, що обробляються за T_i - м квалітетом.

Для розрахунку $T_{cp.}$ складаємо вихідну таблицю точності 2.8

Таблиця 2.8 – Точність поверхонь деталі

Квалітет точності, JT	6	11
Кількість розмірів, n	3	1

$$T_{cp} = \frac{6 \times 3 + 11 \times 1}{3 + 1} = 7,5$$

Коефіцієнт точності обробки

$$K_{т.ч} = 1 - \frac{1}{T_{cp}} \quad (2.3)$$

$$K_{т.ч} = 1 - \frac{1}{8,3} = 0,86$$

Середня шорсткість поверхонь :

де R_{a_i} - параметр шорсткості для кожної окремої поверхні, а n_i - кількість поверхонь, що мають однакове значення R_{a_i} . Для зручності обчислень попередньо формується зведена таблиця 2.9, в якій наводяться всі поверхні деталі з відповідними їм параметрами шорсткості.

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.9 – Шорсткість поверхонь деталі

Шорсткість Ra, мкм	6.3	3.2	1.6
Кількість поверхонь, n	3	3	1

$$Ra_{cp} = \frac{\sum Ra \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (2.4)$$

$$Ra_{cp} = \frac{6,3 \cdot 3 + 3,2 \cdot 3 + 1,6 \cdot 1}{3 + 3 + 1} = 4,3$$

Коефіцієнт шорсткості

$$\lambda = \frac{1}{Ra_{cp}} = 0,24 \quad (2.5)$$

Порівнюючи отримані дані з нормативними вимогами, бачимо: коефіцієнт точності перевищує поріг 0,8, а коефіцієнт шорсткості - поріг 0,18. Таким чином, кількісна оцінка підтверджує технологічність конструкції валу.

2.3.4.2 Визначення методу одержання заготовки та технологічних баз для валу мішалки

Вихідними передумовами для вибору заготовки слугують два фактори: по-перше, конструкція деталі, що задана кресленням, а по-друге, одиничний характер виробництва. З огляду на це, оптимальним варіантом є застосування базового відрізка з сортового прокату. Таким чином, як заготовка обрано прутки круглого перерізу діаметром 28 мм із нержавіючої сталі AISI 304, яка забезпечує необхідну корозійну стійкість.

У машинобудуванні під технологічною базою розуміють поверхню, вісь або точку деталі, яка слугує орієнтиром для позиціювання заготовки та подальшої обробки її інших елементів. Саме ця база визначає просторове положення деталі під час виконання технологічних переходів.

За функціональним призначенням технологічні бази поділяють на дві категорії установчі та вимірювальні.

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Установчі бази являють собою поверхні, осі або точки, за допомогою яких заготовку фіксують на верстаті та забезпечують її правильну орієнтацію відносно різального інструмента.

Вимірювальна база, хоч і представлена також поверхнею, лінією або точкою, виконує іншу роль - саме від неї відраховуються всі необхідні розміри деталі під час контролю.

На першому етапі токарної обробки як чорнові бази застосовуємо зовнішню циліндричну поверхню та лівий торець (див. рис. 2.5). Такий вибір зумовлений тим, що дані бази мають значну площу контакту та прийнятну точність форми, що забезпечує мінімальну похибку позиціонування заготовки.

У процесі токарної обробки формуються проміжні бази: центрові отвори, зовнішні циліндричні поверхні та крайні торці. Ці елементи збігаються з конструкторськими базами і слугують основою для чистової обробки. Саме вони будуть задіяні на наступних операціях - шліфувальній та фрезерній.

Оскільки в даному випадку установчі та вимірювальні бази суміщені, досягається вища точність чистової обробки. Схема розташування баз наведена на рис. 2.10.



Рис.2.10 – Схема розміщення баз

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

2.3.4.3 Розробка маршруту технологічного процесу механічної обробки деталі “Вал”

Для опису того, яким чином, у якій черговості та за скільки переходів будуть оброблятися окремі елементи деталі, застосовується так званий маршрут обробки поверхонь (табл. 2.12), маршрутну карту (додаток Б) та ескізну карту (додаток В). Перш ніж приступати до його складання, слід попередньо присвоїти номери всім поверхням, які потребують механічної обробки (рис. 2.11). Завдяки такій нумерації стає набагато простіше встановити правильний порядок виконання операцій, а також суттєво полегшується побудова всього технологічного маршруту.

На першому етапі заготовка $\varnothing 28$ базується на зовнішній необробленій поверхні. Виконується фрезерування правого торця №4 та лівого торця №7 для отримання чистових торцевих баз. Після цього з обох боків заготовки робляться центрувальні отвори, які слугуватимуть основною технологічною базою на всіх токарних операціях.

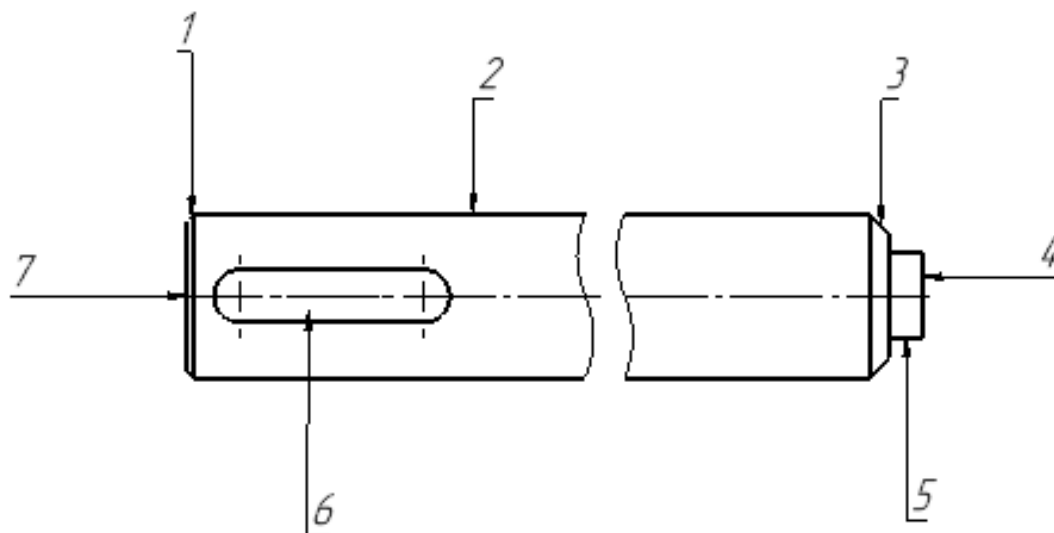


Рис.2.11 - Схема позначення оброблюваних поверхонь:

1-фаска ; 2-зовнішня циліндрична поверхня ; 3-фаска ; 4-правий торець; 5- зовнішня циліндрична поверхня; 6-шпонковий паз ; 7-лівий торець.

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Далі заготовка встановлюється в центрах. На чорнових переходах проводиться попереднє точіння зовнішньої циліндричної поверхні № 2 з вихідного діаметра $\varnothing 28$ до остаточного розміру $\varnothing 25h6$. Разом із поверхнею № 2 виконується фаска № 1. Потім формується зовнішня циліндрична поверхня № 5. Після чорнового точіння поверхонь № 2 і № 5 виконується фаска № 3, а також чистова обробка поверхонь № 2, № 5 та фасок № 1 і № 3. Далі проводиться фрезерування шпонкового паза № 6. Контрольною операцією перевіряються всі задані розміри та взаємне розташування поверхонь.

Таблиця 2.12 – Послідовність операцій механічної обробки деталі «Вал»

№	Назва і короткий зміст операції, переходів	Технологічне обладнання	Технологічна база	Верстатний пристрій, інструмент оброблювальний контрольний
005	Фрезерно-центрувальна 1.Встановити і закріпити заготовку. 2.Фрезерувати два торці, витримавши р-р $255h6$ 3.Свердлити центрувальні отвори по ГОСТ 14952-76	Фрезерно-центрувальний мод.МР-73М	Зовнішня поверхня обертання $\varnothing 28$ торець	Лещата верстатні
010	Токарно гвинторізна 1.Точити пов. 2 витримавши р-р $\varnothing 25h6$ мм, $L=255h6$	Токарно-гвинторізний верстат 16K20	Центрові отвори	Патрон повідковий
	2.Токарно гвинторізна Точити фаску пов. 1 в р-р $1 \times 45^\circ$	Токарно-гвинторізний верстат 16K20	Центрові отвори	Патрон повідковий,
015	Токарно гвинторізна 1.Точити пов. 5 витримавши р-р $\varnothing 13m6$ мм, $L=5$ мм	Токарно-гвинторізний верстат 16K20	Центрові отвори	Патрон повідковий
	2.Точити фаску пов. 3 в р-р $3 \times 45^\circ$		Центрові отвори	Патрон повідковий

Продовження таблиці 2.12

020	Вертикально-фрезерна Фрезерувати паз пов. 6 в р-р l=36 7k; d=8 H11	Вертикально -фрезерний 6P12	Шийки деталі торець	Призми з прихватами
025	Круглошліфувальна 1.Шліфувати начорно пов.2 в р-р Ø25, L=250	Круглошліф увальний верстат моделі 3M175	Центрові отвори	Патрон повідковий центр нерухомий
	2.Шліфувати начисто пов.2 в р-р Ø25h6 на L=250мм	Круглошліф увальний верстат моделі 3M175	Центровий отвір	Патрон повідковий центр нерухомий
	3.Шліфувати начорно пов.5 в р-р Ø13, на L=5мм	Круглошліф увальний верстат моделі 3M175	Центрові отвори	Патрон повідковий центр нерухомий
	4.Шліфувати начисто пов.5 в р-р Ø13 m6 на L=5мм	Круглошліф увальний верстат моделі 3M175	Центрові отвори	Патрон повідковий центр нерухомий

2.3.4.4 Розрахунок припусків, між операційних розмірів та конструювання заготовки

Проектування технології виготовлення будь-якої деталі неможливе без попереднього обчислення припусків на обробку та відповідних між операційних розмірів. Саме правильне призначення цих величин дає змогу досягти необхідної точності, забезпечити задану якість поверхні та мінімізувати виробничий брак. Як приклад візьмемо поверхню №2 (див. рис. 2.11), яка має кінцевий розмір Ø25h6. Технологічний маршрут її обробки включає чотири кроки: спочатку йде чорнове та чистове точіння, потім - чорнове та чистове шліфування. Нам потрібно розрахувати величину припуску для кожного з цих переходів, починаючи від вихідної заготовки

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

і закінчуючи останнім етапом – чистовим шліфуванням. Скористаємося ДСТУ EN ISO 4287 - «Геометричні технічні умови на вироби (GPS).

Структура поверхні»

Заготовка:

Rz=125 мкм; T =150 мкм;

Точіння чорнове:

Rz =120 мкм; T =125 мкм;

Точіння чистове:

Rz=30 мкм; T =30 мкм;

Шліфування:

Rz =10 мкм; T =20 мкм

Просторове відхилення заготовки вала, (мкм) обчислюється за формулою [20]:

$$\rho_z = \sqrt{\rho_k^2 + \rho_c^2} \quad (2.6)$$

де ρ_c - зміщення осі заготовки в результаті похибки центрування, мкм;
 $\rho_c=250$ мкм.

Сумарне відхилення розташування заготовки деталі при обробці прокату в центрах ρ_k , мкм, обчислюють за формулою :

$$\rho_k = \Delta_k \cdot l \quad (2.7)$$

де Δ_k - питома кривизна заготовок на 1 мм довжини, мкм / мм; $\Delta_k = 1$ мкм/мм; l - довжина зміщується частини заготовки, мм.

$$\rho_k = 1 \cdot 250 = 250 \text{ мкм}$$

$$\rho_z = \sqrt{250^2 + 250^2} = 354 \text{ мкм}$$

Просторове відхилення для чорнового точіння заготовки:

$$\rho_{\text{точ.чорн}} = \rho_{\text{ЗАГ}} \cdot 0,05 = 354 \cdot 0,05 = 17,7 \text{ мкм}$$

Просторове відхилення для чистового точіння заготовки:

$$\rho_{\text{точ.чорн}} = \rho_{\text{ЗАГ}} \cdot 0,04 = 354 \cdot 0,04 = 14,16 \text{ мкм}$$

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Просторове відхилення для шліфування:

$$\rho_{\text{шліф.}} = \rho_{\text{ЗАГ}} \cdot 0,03 = 354 \cdot 0,03 = 10,62 \text{ мкм}$$

Мінімальні значення припусків $2Z_{\text{MIN}}$, мкм, обчислюються за формулою

$$2z_{\min} = 2 \cdot \left(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right) \quad (2.7)$$

$$2z_{\min.\text{точ.чорн.}} = 2 \cdot (125 + 10 + 354) = 1258 \text{ мкм}$$

$$2z_{\min.\text{точ.чист.}} = 2 \cdot (120 + 125 + 17,7) = 525 \text{ мкм}$$

$$2z_{\min.\text{шліф.чорн.}} = 2 \cdot (30 + 30 + 14,16) = 148 \text{ мкм}$$

$$2z_{\min.\text{шліф.чист.}} = 2 \cdot (10 + 20 + 10,62) = 81 \text{ мкм}$$

Обчислюємо найменші міжопераційні розміри і розмір заготовки.

- після чистового шліфування:

$$d_{\min.\text{шліф.чист.}} = 25 + (-0,013) = 24,987 \text{ мм}$$

- після чорнового шліфування:

$$d_{\min.\text{шліф.чорн.}} = 24,987 + 0,081 = 25,068 \text{ мм}$$

- після чистового точіння:

$$d_{\min.\text{точ.чист.}} = 25,068 + 0,148 = 25,216 \text{ мм}$$

- після чорнового точіння:

$$d_{\min.\text{точ.чист.}} = 25,216 + 0,528 = 25,744 \text{ мм}$$

- розмір заготовки:

$$d_{\min.\text{заг.}} = 25,744 + 1,258 = 27,002 \text{ мм}$$

Встановлюємо допуски на міжопераційні розміри і розмір заготовки:

- на чистове шліфування $h_6 = 13$ мкм;

- на чорнове шліфування $h_7 = 21$ мкм;

- на чистове точіння $h_{10} = 85$ мкм;

- на чорнове точіння $h_{14} = 520$ мкм;

- на заготовку $h_{16} = 1300$ мкм

Обчислюємо найбільші операційні розміри і розмір заготовки.

- після чистового шліфування:

$$d_{\max.\text{шліф.чист.}} = 25 + 0,013 = 25,013 \text{ мм}$$

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

- після чорнового шліфування:

$$d_{\text{max.шліф.чорн.}} = 25,068 + 0,021 = 25,089\text{мм}$$

- після чистового точіння:

$$d_{\text{max.точ.чист.}} = 25,216 + 0,085 = 25,301\text{мм}$$

- після чорнового точіння:

$$d_{\text{max.точ.чист.}} = 25,744 + 0,52 = 26,264\text{мм}$$

- розмір заготовки:

$$d_{\text{max.заг.}} = 27,002 + 1,3 = 28,302\text{мм}$$

Обчислюємо граничні значення допусків.

- для чистового шліфування:

$$2Z_{\text{MIN}}^{\text{ПР}} = d_{\text{min.шліф.чорн.}} - d_{\text{min.шліф.чист.}} = 25,068 - 24,987 = 0,081\text{мм}$$

$$2Z_{\text{MAX}}^{\text{ПР}} = d_{\text{max.шліф.чорн.}} - d_{\text{max.шліф.чист.}} = 25,089 - 25,013 = 0,076\text{мм}$$

- для чорнового шліфування:

$$2Z_{\text{MIN}}^{\text{ПР}} = d_{\text{min.т.чист.}} - d_{\text{min.шліф.чорн.}} = 25,216 - 25,068 = 0,148\text{мм}$$

$$2Z_{\text{MAX}}^{\text{ПР}} = d_{\text{max.т.чист.}} - d_{\text{max.шліф.чорн.}} = 25,301 - 25,089 = 0,212\text{мм}$$

- для чистового точіння:

$$2Z_{\text{MIN}}^{\text{ПР}} = d_{\text{min.т.чорн.}} - d_{\text{min.т.чист.}} = 25,744 - 25,216 = 0,528\text{мм}$$

$$2Z_{\text{MAX}}^{\text{ПР}} = d_{\text{max.т.чорн.}} - d_{\text{max.т.чист.}} = 26,264 - 25,301 = 0,964\text{мм}$$

- для чорнового точіння:

$$2Z_{\text{MIN}}^{\text{ПР}} = d_{\text{min.заг.}} - d_{\text{min.т.чорн.}} = 27,002 - 25,744 = 0,528\text{мм}$$

$$2Z_{\text{MAX}}^{\text{ПР}} = d_{\text{max.заг.}} - d_{\text{max.т.чорн.}} = 28,302 - 26,264 = 2,038\text{мм}$$

Обчислюємо загальний припуск.

$$2Z_0^{\text{ПР}} = d_{\text{max.заг.}} - d_{\text{min.шліф.чист.}} = 28,302 - 24,987 = 3,315\text{мм}$$

Розподіл припусків по поверхнях деталі показано на рис. 2.13. Що стосується всіх інших поверхонь, які потребують механічної обробки, то для

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

них припуски встановлюються за нормативним документом ДСТУ 4738:2007.

Підсумкові величини зводяться до єдиної таблиці 2.14.

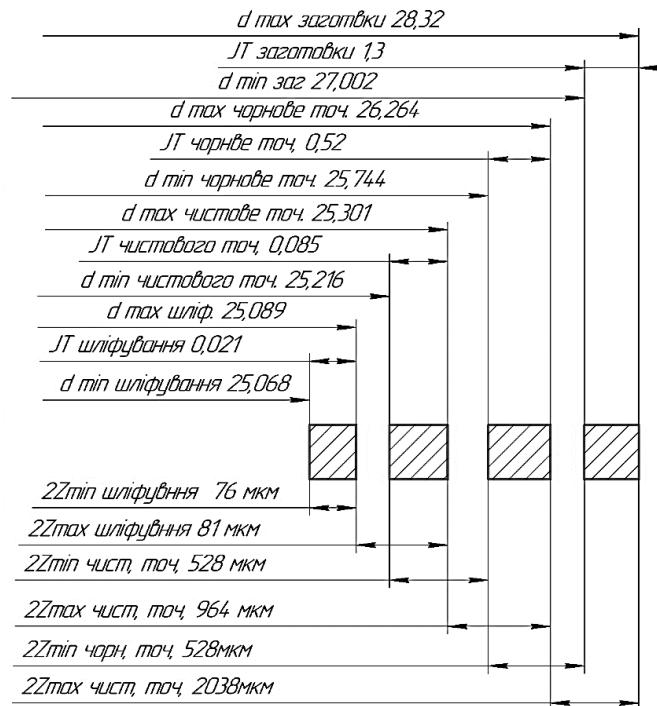


Рисунок 2.13 - Схема зображення припусків

Таблицю 2.14 - Припуски і граничні відхилення на оброблювані поверхні валу мішалки

Поверхня	Розмір , мм	Припуск, мм		Допуск, мм
		Розрахунковий	Табличний	
1;7	255h6	—	2·2,3	-0,032
3	3x45°	—	2·1	+0,1
6	8H11	—	1,4	+0,09
1	1x45°	—	2·1	+/-0,1
5	Ø13m6	—	2·1,6	+0.007 +0.018
2	Ø 25h6	3,315	2·1,7	-0,013

2.3.4.5 Вибір різального і допоміжного інструменту, методів та засобів технічного контролю

Вибір різального інструменту залежить від виду обробки, матеріалу та розмірів деталі, характеристик обладнання, а також від сучасних тенденцій у світовому машинобудуванні та інструментальному виробництві. Бажано використовувати стандартний інструмент (табл. 2.15) через його нижчу вартість, але допускається застосування спеціального, комбінованого чи фасонного інструменту. Останній дозволяє обробляти одночасно декілька поверхонь, тим самим зменшуючи основний час операції.

Таблиця 2.15 – Характеристика різального інструменту

№, назва і короткий зміст операції	Назва різального інструменту	Основна характеристика інструмента	Матеріал	Стандарт ДСТУ ISO
005 Фрезерно-центрувальна				
1. Фрезерувати два торці, витримавши р-р 255h6	Фреза торцева	Ø50 Z=7	T5K12	2584:2018
2.Свердлити центрувальні отвори по ГОСТ 14952-76	Свердло центрувальне	Ø2 Тип А	P6M5	2540:2008
010 Токарна				
1.Точити пов. 2 витримавши р-р Ø25h6 мм, L=250h6	Різець токарний правий, прохідний упорний	φ=90°	T5K12	5610-89
2.Токарно гвинторізна Точити фаску пов. 1 в р-р 1 × 45°	Різець токарний правий, прохідний	φ=45°	T5K12	5610-89

Продовження таблиці 2.15

015 Токарна				
1.Точити пов. 5 витримавши р-р Ø13m6 мм, L=5мм	Різець токарний правий, прохідний упорний	$\varphi=90^{\circ}$	T5K12	5610-89
2.Точити фаску пов. 3 в р-р 3 × 45°	Різець токарний правий, прохідний	$\varphi=45^{\circ}$	T5K12	18891-73
020 Вертикально-фрезерна				
Фрезерувати паз пов. 6 в р-р l=36; d=8 H11	Фреза кінцева	Ø8 Z=2	P6M5	2584:2018
025 Круглошліфувальна				
1.Шліфувати начорно пов.2 в р-р Ø25, L=250	Круг абразивний	Ø200x63 34A 40CT2 6K5 35	34A	603-1:2019
2.Шліфувати начисто пов.2 в р-р Ø25h6 на L=250мм	Круг абразивний	Ø200x63 34A 40CT2 6K5 35	34A	603-1:2019
3.Шліфувати начорно пов.5 в р-р Ø13, на L=5мм	Круг абразивний	Ø200x63 34A 40CT2 6K5 35	34A	603-1:2019
4.Шліфувати начисто пов.5 в р-р Ø13 m6 на L=5мм	Круг абразивний	Ø200x63 34A 40CT2 6K5 35	34A	603-1:2019

Вимірювання - це визначення фізичної величини за допомогою спеціальних технічних засобів. Як приклад можна навести вимірювання діаметрів поверхонь деталі «Вал» (таблиця 2.16). Вибір вимірювального інструменту залежить від типу виробництва (дрібносерійне), методу контролю, а також від точності, розмірів та призначення поверхонь. Для економії часу на контроль найчастіше використовують без шкальні калібри. Для налагодження обладнання та визначення реальних розмірів застосовують універсальні засоби вимірювання відповідної точності - штангенциркулі та мікрометри.

Таблиця 2.16 - Контрольно-вимірювальний інструмент

№, операції	Назва вимірювального інструменту	Стандарт ДСТУ ISO
005	Шаблон центрувального отвору типу А	Спеціальний пристрій
010	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1	13385-1:2023
015	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1	13385-1:2023
020	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1	13385-1:2023
025	Мікрометр МК 50	3611:2022

2.3.4.6 Розрахунок режимів різання по операціях

Виконаємо розрахунок режимів різання для операції 020, під час якої здійснюється нарізання шпонкового паза. Для всіх інших операцій та технологічних переходів режими різання призначаємо згідно з нормативними довідковими даними ДСТУ 2249-93 (див. таблицю 2.17). Опрацьований матеріал – нержавіюча сталь AISI 304 ; $\sigma_B=470$ МПа; верстат вертикально - фрезерний 6Р12.

Характеристика оброблюваної поверхні.

Фрезерується шпонковий паз – $8_0^{+0,09}$ мм, довжиною – $L = 36$ мм.

Вибір різального інструменту:

Фреза ДСТУ ISO 2584:2018 ($D = 8$ мм; $L=73$ мм, $z = 2$).

Швидкість фрези розраховується за формулою [24] :

$$V = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times S^y \times t^x \times B^u \times z^p} K_v \quad \text{м/хв.} \quad (2.8)$$

C_v – коефіцієнт, що враховує оброблюваний матеріал, $C_v = 12$;

D – діаметр фрези в мм, $D = 8$ мм;

T – стійкість інструменту в хв, $T = 80$ хв;

t – глибина різання в мм, $t = 4$ мм;

S_z – подача в мм / об, прийmemo $S = 0,09$ мм / зуб;

K_v – загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання.

Визначимо коефіцієнт K_v за формулою [24]:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{UV} \quad (2.9)$$

K_{MV} – коефіцієнт, що враховує оброблюваний матеріал;

K_{PV} – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки;

K_{UV} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструмент, відсутній.

$$K_{MV} = K_\Gamma \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^n \quad (2.10)$$

Значення коефіцієнта K_{MV} розрахуємо за формулою :

σ_B – межа міцності, $\sigma_B = 470$ МПа;

K_Γ – коефіцієнт, що враховує групу сталі, $K_\Gamma = 0,7$;

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

n_v – показник ступеня, $n_v = 1$;

$$K_{mv} = 0,7 \cdot \left(\frac{750}{470}\right)^1 = 1,12$$

$$K_V = 1,12 \cdot 1 = 1,12$$

Тоді швидкість обертання фрези:

$$V = \frac{12 \cdot 8^{0,3}}{80^{0,26} \cdot 0,3^{0,3} \cdot 4^{0,24} \cdot 8^{0,1} \cdot 2^{0,1}} \cdot 1,12 = 8,98 \text{ м/хв}$$

Визначимо частоту обертання фрези за формулою:

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times D}, \text{ хв}^{-1} \quad (2.11)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 8,98}{3,14 \cdot 8} = 358 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо частоту обертання шпинделя верстата $n = 400 \text{ хв}^{-1}$.

Уточнимо швидкість різання по формулі [24]:

$$V = \frac{\pi \times D \times n}{1000} \text{ м/хв}, \quad (2.12)$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 400}{1000} = 10 \text{ м/хв}$$

Визначаємо розрахункове значення хвилинної подачі по формулі [24]:

$$S_x = S_z \cdot Z \cdot n_g \quad (2.13)$$

$$S_x = 0,09 \cdot 2 \cdot 400 = 72 \text{ мм/хв}$$

Приймаємо табличне значення $S_{XT}=80 \text{ мм/хв}$

За прийнятим S_{XT} визначаємо дійсне значення подачі на зубець фрези:

$$S_T = \frac{80}{2 \cdot 400} = 0,1 \text{ мм/зуб}$$

Величину колової сили різання під час фрезерування розраховують за формулою [24]: $K_{MP} = 0,85$; $C_p=218$; $x=0,92$; $y=0,78$; $u=1$; $q=1,15$.

$$P_z = \frac{10C_p \cdot t^x \cdot S_x^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP} \quad (2.14)$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 218 \cdot 4^{0,92} \cdot 0,1^{0,78} \cdot 8 \cdot 2 \cdot 0,85}{8^{1,15} \cdot 400^0} = 1611H$$

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Визначимо потужність різання за формулою [20]:

$$N_{\text{різ}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \text{ кВт} \quad (2.15)$$

$$N_{\text{різ}} = \frac{1611 \cdot 10}{1020 \cdot 60} = 0,26 \text{ кВт}$$

Перевіряємо достатність потужності приводу верстата по формулі

$$N_{\text{шп}} = \eta \cdot N_{\text{в}}, \quad (2.16)$$

η – ККД верстата, $\eta = 0,8$

$N_{\text{в}}$ – Потужність в кВт верстата, $N_{\text{в}} = 7,5$ кВт

$$N_{\text{шп}} = 0,8 \cdot 7,5 = 6 \text{ кВт}$$

Обробка можлива за умови, що $N \leq N_{\text{шп}}$. отже, обробка можлива, так як отримані значення задовольняють вимоги.

Таблиця 2.17 - Зведена таблиця режимів різання по операціях

№ п/п	Назва операції, переходу, позиції	t , мм	L , мм	S_p , мм/об (мм /зуб)	n , об/хв	V , м/хв,	T_o , хв	S_m , мм/ хв
1	2	3	4	5	6	7	8	9
005	Фрезерно-центрувальна 1. Фрезерувати два торці, витримавши р-р 255h6	2,45	30	0,1	249	162	1,2	24,9
	2. Свердлити центрувальні отвори по ГОСТ 14952-76	2,5	5	0,06	580	30	0,14	35
010	Токарно гвинторізна 1.Точити пов. 2 витримавши р-р Ø25h6 мм, L=250h6	1,5	254	0,7	117	630	3,1	441
	2.Токарно гвинторізна Точити фаску пов. 1 в р- р $1 \times 45^\circ$	1	3	0,6	300	105	0,02	11

Продовження таблиці 2.17

015	Токарно гвинторізна 1.Точити пов. 5 витримавши р-р Ø13m6 мм, L=5мм	6,5	8	0,9	90	372	0,1	259
	2.Точити фаску пов. 3 в р-р 3 × 45°	3	5	0,9	300	76	0,02 2	11
020	Вертикально-фрезерна Фрезерувати паз пов. 6 в р-р l=36; d=8 H11	4	36	0,1	400	10	0,9	72
025	Круглошліфувальна 1.Шліфувати пов.2 в р-р Ø25, L=250	0,4	313	0,13	1450	15	1,5	28
	2.Шліфувати начисто пов.2 в р-р Ø25h6 на L=250мм	0,1	313	0,13	1450	15	1,5	28
	3.Шліфувати начорно пов.5 в р-р Ø13, на L=5мм	0,4	67	0,13	1450	15	0,5	28
	4.Шліфувати начисто пов.5 в р-р Ø13 m6 на L=5мм	0,1	67	0,13	1450	15	0,5	28

2.3.4.7 Технічне нормування розробленого технологічного процесу

Обчислення норм часу проводиться з урахуванням виконаних технологічних розрахунків. Для операції 020 (фрезерування шпонкового паз) цей розрахунок виконується розрахунково-аналітичним методом. Що стосується всіх інших технологічних операцій, то для них норми часу приймаються за нормативними показниками, які зведеними у таблицю 2.18.

Основний технологічний час: $T_0 = 0,9$ хв.

Норма штучного часу:

$$T_{шт} = T_0 + t_d + t_{обсл} + t_{відп}, \quad (2.17)$$

де

T_0 – основний час технологічного процесу;

t_d – допоміжний час;

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

$t_{відп}$ – час на відпочинок.

Використовуючи довідник визначаємо:

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

Час на встановлення і зміну інструменту

$t_{уст} = 1,9$ хв;

Час на керування верстатом

$t_{ун} = 0,16$ хв;

Час на вимірювання деталі

$t_{вим} = 0,09$ хв;

Загальний допоміжний час

$$T_{дон} = t_{уст} + t_{ун} + t_{вим} = 1,9 + 0,16 + 0,09 = 2,15 \text{ хв}, \quad (2.18)$$

Оперативний час:

$$T_{он} = T_{дон} + T_0 = 2,15 + 0,9 = 3,05 \text{ хв}, \quad (2.19)$$

Час на обслуговування робочого місця

$$T_{обсл} = 1,4\% T_{он} = 0,014 \cdot 3,05 = 0,05 \text{ хв}, \quad (2.20)$$

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Час на відпочинок і природні потреби

$$T_{відп} = 5\%T_{оп} = 0,05 \cdot 3,05хв = 0,15, \quad (2.21)$$

Штучний час на операцію

$$T_{шт} = 3,05 + 0,05 + 0,15 = 3,25хв.$$

Підготовчо заключний час:

$$T_{п.з.} = 14хв.$$

Штучно-калькуляційний час можна визначити по формулі [20]

$$T_{шк} = \phi_k \cdot T_0 = 2 \cdot 0,9 = 1,8хв, \quad (2.22)$$

$\phi_k = 2$ для одиничного виробництва на токарних верстатах

Таблиця 2.18 - Нормування часу за розробленим технологічним маршрутом

№ п/п	Назва операції	T_0 хв	$T_{доп.хв}$			$T_{оп.}$ хв	$T_{обсл}$ хв	$T_{відп}$ хв	$T_{шт}$ хв
			$t_{уст}$	$t_{унр}$	$t_{вим}$				
005	1. Фрезерувати два торці, витримавши р-р 255h6	1,2	0,09	0,12	0,18	1,6	2	0,08	2,4
	2. Свердлити центрувальні отвори по ГОСТ 14952-76	0,14	0,09	0,06	0,06	0,35	0,5	0,018	0,28
010	Токарно-гвинторізна 1.Точити пов. 2 витримавши р-р Ø25h6 мм, L=250h6	3,1	0,3	0,19	0,17	3,8	1,5	0,19	6,9
	2.Токарно гвинторізна Точити фаску пов. 1 в р-р $1 \times 45^\circ$	0,02	0,3	0,13	0,23	0,7	1,5	0,04	0,49

Продовження таблиці 2.18

015	Токарно гвинторізна 1.Точити пов. 5 витримавши р-р Ø13m6 мм, L=5мм	0.1	0.3	0,17	0.08	0,2	1,4	0.01	0,2
	2.Точити фаску пов. 3 в р-р $3 \times 45^\circ$	0,022	0.3	0,13	0.23	0,25	1,5	0.03	0,49
020	Вертикально- фрезерна Фрезерувати паз пов. 6 в р-р l=36; d=8 H11	0,9	1,8	0,16	0,09	3,05	0,05	0,15	1,8
025	Круглошліфувальна 1.Шліфувати пов.2 в р-р Ø25, L=250	1,5	0,06	0,08	0,29	1,85	1,8	0,09	3
	2.Шліфувати начисто пов.2 в р-р Ø25h6 на L=250мм	1,5	0,06	0,08	0,29	1,85	2	0,09	3
	3.Шліфувати начорно пов.5 в р-р Ø13, на L=5мм	0,5	0.06	0.08	0.29	0,9	1,8	0.05	3
	4.Шліфувати начисто пов.5 в р-р Ø13 m6	0,5	0.06	0.08	0.29	0,9	2	0.05	3

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок дріжджового танка на міцність об'ємом 1м3

Розрахунки міцності дріжджового танка виконуються з урахуванням вимог безпеки згідно з додатком 1 до Технічного регламенту щодо обладнання, яке функціонує під надлишковим тиском. Основними критеріями під час перевірки є здатність конструкції витримувати внутрішній тиск, а також міцність опорних обичайок.

Розрахунок проводиться відповідно до стандартів: ДСТУ EN 13445-1:2015.

Розрахункова схема резервуара зображена на рисунку 3.1. У таблиці 3.2 – розрахункові параметри, що використовуються при обчисленнях.

Для виконання перевірки міцності прийнято такі вихідні дані:

- 1) випробувальний тиск - $P_{\text{випр}}=0,204$ МПа (2,04 кгс/см²);
- 2) температура, що враховується в розрахунку – $T= 20$ °С;
- 3) навантаження (зусилля) – $G=12730$ Н.

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Буцій Б.В.			РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА				Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Вітенько Т.М.									61	92
Н. Контр.		Кравець О.І.										
Затверд.		Пилипець О.М.							ТНТУ, ФМТ, см. гр. МО-41			

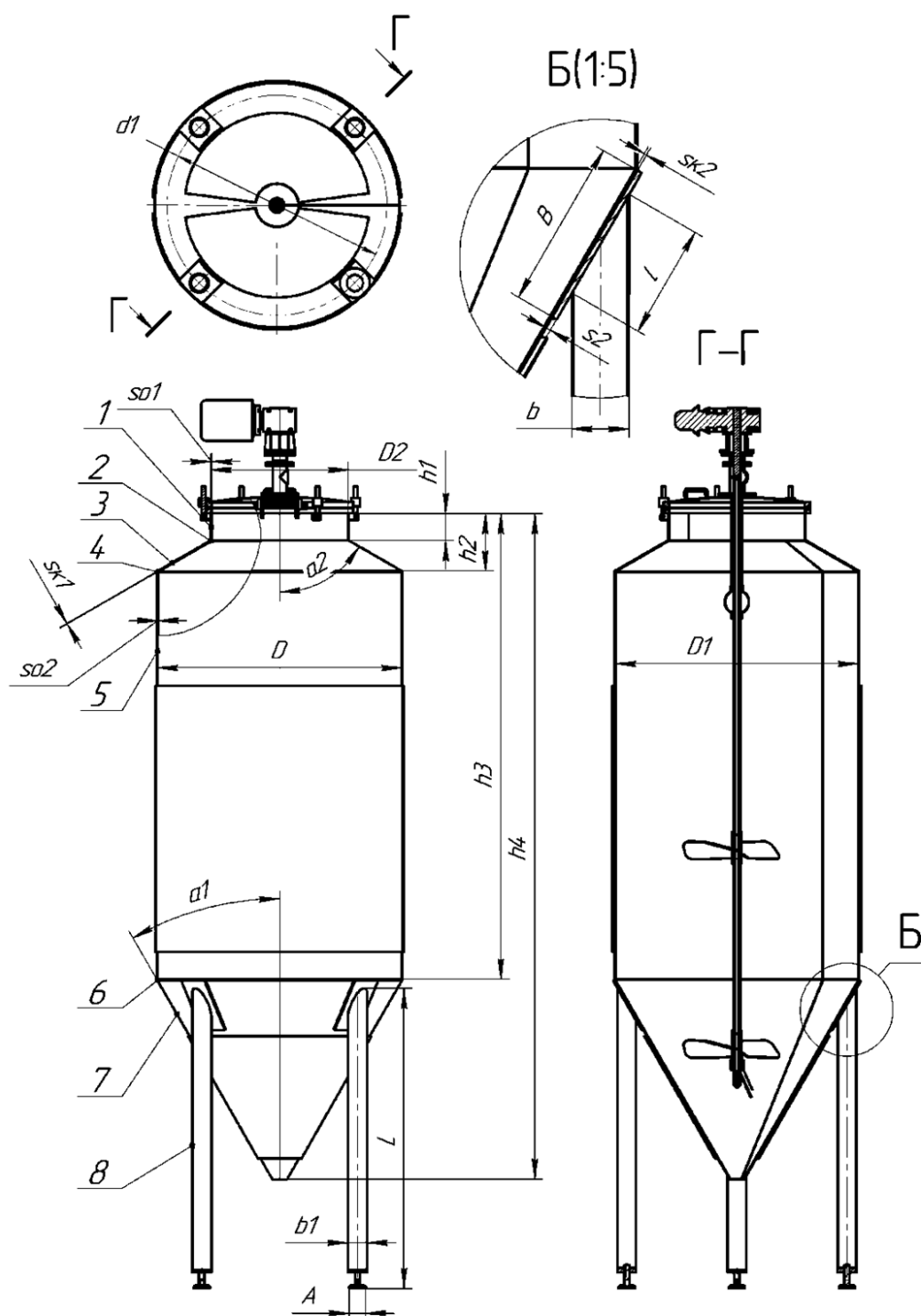


Рисунок 3.1 – Схема зон розрахунку дріжджового танка об'ємом 1м3

1 – циліндрична обичайка люка; 2 – перехід із циліндричної обичайки люка на конічну; 3 – конічна кришка; 4 – Перехід у місці конічної кришки на циліндричну обичайку; 5 – циліндрична обичайка; 6 – перехід з циліндричної на конічну обичайки; 7 – конічна обичайка; 8 – опори.

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики

Позначення	Величина	Опис
D	900 мм.	Діаметр ємкості.
D_1	894 мм.	Внутрішній діаметр ємкості.
D_2	506 мм.	Діаметр малої обичайки у місці встановлення люка.
h_1	0,1 м.	Висота гідростатичного стовпа рідини.
h_2	0,212 м.	
h_3	1,715 м.	
h_4	2,451 м.	
s_1	3 мм.	Товщина стінки елемента у зоні укріплення.
s_2	6 мм.	Товщина підкладки під опорну стійку.
s_{01}	3 мм.	Товщина стінки для малої обичайки.
s_{02}	3 мм.	Товщина стінки для обичайки.
$s_{к1}$	3 мм.	Товщина стінки для конічної кришки.
$s_{к2}$	3 мм.	Товщина стінки для конічного днища.
a_1	60°	Кут нахилу між віссю ємкості та гранню конічної кришки.
a_2	30°	Кут нахилу між віссю ємкості та гранню конічного днища.
L	1,105 м.	Висота опорної стійки.
B	0,21 м.	Ширина підкладочного листа
b	0,07 м.	Діаметр опорної стійки
b_1	0,07 м.	Ширина опорною стійки у місці контакту з конічним днищем по нормалі до горизонтальної площини
l	0,14 м.	Зона контакту опорної стійки з конічним днищем
A	0,06 м.	Ширина лапки
d_1	0,81 м.	Діаметр окружності розміщення опорних стійок
σ_d	136 МПа	Допустиме напруження елемента ємкості для робочих умов і для умов випробування

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Продовження таблиці 3.2

φ	0,85	Коефіцієнт міцності зварного шва
ρ	1000 кг/м ³	Густина середовища
g	9,8	Прискорення вільного падіння
p_p	0,11 МПа	Тиск середовища
$p_{\text{вип}}$	0,20 МПа	Випробувальний тиск

3.1.1 Розрахунок на міцність циліндричної обичайки люка

Прибавки на товщину матеріалу:

$c_1 = 0.05$ мм – прибавка до товщини матеріалу з врахуванням від'ємного допуску.

$c_2 = 0.05$ мм – прибавка до товщини матеріалу з врахуванням похибки виготовлення.

$c_3 = 0$ мм – прибавка до товщини матеріалу з врахуванням дії корозії.

Де загальна прибавка до товщини матеріалу становить:

$$c := c_1 + c_2 + c_3 = 0.1 \text{ мм} \quad (3.1)$$

Товщину стінки гладкої циліндричної обичайки навантаженої внутрішнім надлишковим тиском розраховують за формулою [4]:

$$s_{olp} \geq s_{olp} + c \quad (3.2)$$

Де розрахункову товщину стінки визначають за формулою [4]:

$$s_{olp} := \frac{p \cdot D_1}{2 \cdot \sigma_d \cdot \varphi - p} = 0.447 \text{ мм} \quad (3.3)$$

Де:

$$s_{olp} + c = 0.547 \text{ мм}$$

Приймаємо товщину стінки для малої обичайки рівною: $S_{o1} = 3$ мм

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

Допустимий розрахунковий внутрішній надлишковий тиск для малої обичайки становить:

$$p_1 = \frac{2 \cdot \sigma_{\partial} \cdot \varphi \cdot (s_{o1} - c)}{D_1 + (s_{o1} - c)} = 0.318 \text{ МПа}, \quad (3.4)$$

Умова міцності виконується адже $p_1 \geq p_{\text{вип}} \quad 0.318 \geq 0.20 \text{ (МПа)}$

3.1.2 Розрахунок на міцність з'єднання обичайки люка та конічної кришки

Умови використання розрахункових формул:

$$\alpha_2 \leq 70^\circ; \alpha_2 = 60^\circ$$

Товщина стінки для переходу у місці меншої циліндричної обичайки:

$$s_2 := s_{o1}$$

Товщина стінки для конічної кришки:

$$s_{k1} = 3 \text{ мм}$$

Коефіцієнт використання різних матеріалів для переходу та конічної кришки:

$$x_1 = 3$$

Розрахункові параметри для конічних і циліндричних обичайок:

$$a_{1p} = \sqrt{\frac{D_1}{\cos(\alpha_2)} \cdot (s_{o1} - c)} = 54.174^\circ, \quad (3.5)$$

Розрахунковий діаметр гладкої конічної обичайки без тороїдального переходу

$$D_{k1} = D_1 - 1.4 \cdot a_{1p} \cdot \sin(\alpha_2) = 440 \text{ мм} \quad (3.6)$$

Розрахунковий внутрішній надлишковий тиск в ємкості з врахуванням гідростатичного тиску середовища:

$$p_{n2} = \frac{(p + h_1 \cdot \rho \cdot g)}{1000000} = 0.205 \text{ МПа} \quad (3.7)$$

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Товщину стінки для перехідної зони обчислюють за формулою:

$$s_{n1} \geq s_{n1p} + c \quad (3.8)$$

Де розрахункова товщина стінки у місці переходу обичайки на конічну кришку:

$$s_{n1p} = \frac{(p_{n1} \cdot D_1 \cdot \beta_4)}{2 \cdot \varphi \cdot \sigma_{\partial} - p_{n1}} = 1.927 \text{ мм}, \quad (3.9)$$

Розрахунок товщини стінки конічного елемента перехідної частини проводять з допомогою відношення товщин стінок:

$$\frac{s_{01} - c}{s_{k1} - c} \cdot s_{k1p} + c = 1.131 \text{ мм}, \quad (3.10)$$

Коефіцієнти форми для розрахунку товщин стінок перехідної зони:

$$\beta := 0.4 \cdot \sqrt{\frac{D_1}{s_2 - c}} \cdot \frac{\tan(\alpha_2)}{1 + \sqrt{\frac{1 + x_1 \cdot \left(\frac{s_{k1} - c}{s_2 - c}\right)^2}{2 \cdot \cos(\alpha_2)} \cdot x_1 \cdot \frac{s_{k1} - c}{s_2 - c}}} - 0.25 = 3.541 \quad (3.11)$$

$$\beta := \max(0.5, \beta)$$

Де:

$$\beta_n := \beta + 0.75 = 4.291$$

При:

$$x_1 \cdot \left(\frac{s_{k1} - c}{s_2 - c}\right)^2 \geq 1 \quad (3.12)$$

$$\beta_4 := \max(1, \beta_n)$$

$$\beta_4 = 4.291$$

$$s_{n1p} + c = 1.427 \text{ мм}$$

Приймаємо товщину стінки для переходу рівною: $S_{п1} = 3 \text{ мм}$.

Допустимий внутрішній надлишковий тиск для переходу:

$$p_2 = \frac{2 \cdot \sigma_{\partial} \cdot \varphi \cdot (s_{01} - c)}{D_1 \cdot \beta_4 + (s_{01} - c)} = 0.308 \text{ МПа}, \quad (3.13)$$

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Умова міцності виконується адже $p_2 \geq p_{n2}$ $0.308 \geq 0.205$ (МПА)

3.1.3 Розрахунок на міцність конічної кришки

Розрахунковий діаметр конічної обичайки без тороїдального переходу, обчислюється за формулою [4]:

$$D_{k1} = D_2 - 1.4 \cdot a_{1p} \cdot \sin(a_2), \quad (3.14)$$

$$a_{1p} = 0.7 \cdot \sqrt{\frac{D_2}{\cos(a_2)} \cdot (s_{02} - c)} = 50, \quad (3.15)$$

$$D_{k1} = 900 - 1.4 \cdot 50 \cdot 0.5 = 838 \text{ мм}, \quad (3.16)$$

Розрахунковий внутрішній надлишковий тиск в ємкості з врахуванням гідростатичного тиску середовища для конічної кришки [4]:

$$p_{n3} = \frac{(p + h_2 \cdot \rho \cdot g)}{1000000} = 0.206 \text{ МПА} \quad (3.17)$$

$$s_{k1p} = \frac{p_{k1} \cdot D_{k1}}{2 \cdot \varphi \cdot \sigma_{\delta} - p_{k1}} \cdot \left(\frac{1}{\cos(a_2)} \right) = 1.5 \text{ мм}, \quad (3.18)$$

Приймаємо товщину стінки для конічної кришки: $S_{k1} = 3 \text{ мм}$

Допустимий внутрішній надлишковий тиск для конічної кришки:

$$p_3 = \frac{2 \cdot \sigma_{\delta} \cdot \varphi \cdot (s_{k1} - c)}{\frac{D_{k1}}{\cos(a_2)} + (s_{k1} - c)} = 0.399 \text{ МПа}, \quad (3.19)$$

Умова міцності виконується адже $p_3 \geq p_{n3}$ $0.399 \geq 0.206$ (МПА)

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

3.1.4 Розрахунок на міцність з'єднання конічної кришки з циліндричною обичайкою

Значення внутрішнього надлишкового тиску в посудині з урахуванням гідростатичного впливу рідини для перехідної ділянки в зоні спраження конічного днища з циліндричним корпусом [4]:

$$p_{n4} = \frac{(p + h_2 \cdot \rho \cdot g)}{1000000} = 0.206 \text{ МПа}, \quad (3.20)$$

Розрахункові формули використовуються при наступних умовах:

$$\alpha_1 \leq 70^\circ \quad (s_{k1} - c) \geq (s_2 - c)$$

Коефіцієнти форми для розрахунку товщин стінок перехідної зони:

$$\beta := 0.4 \cdot \sqrt{\frac{D_{k1}}{s_2 - c}} \cdot \frac{\tan(\alpha_2)}{1 + \sqrt{\frac{1 + x_1 \cdot \left(\frac{s_1 - c}{s_2 - c}\right)^2}{2 \cdot \cos(\alpha_2)} \cdot x_1 \cdot \frac{s_1 - c}{s_2 - c}}} - 0.25 = 4.63 \quad (3.21)$$

$$\beta_1 := \max(0.5, \beta)$$

Розрахункова товщина стінки для перехідної зони:

$$s_{n2p} = \frac{p_{n2} \cdot D_{k1} \cdot \beta_1}{2 \cdot \varphi \cdot \sigma_\delta - p_{n2}} = 3.46 \text{ мм}, \quad (3.22)$$

$$s_{n2} \geq s_{n2p} + c$$

$$s_{n2p} + c = 3.564 \text{ мм}$$

Приймаємо товщину стінки для переходу рівною: $s_{n2} = 3 \text{ мм}$.

Допустимий внутрішній надлишковий тиск для перехідної зони:

$$p_4 = \frac{2 \cdot \sigma_\delta \cdot \varphi \cdot (s_2 - c)}{D_{k1} \cdot \beta_1 + (s_2 - c)} = 0.273 \text{ МПа}, \quad (3.23)$$

Умова міцності виконується адже $p_4 \geq p_{n4} \quad 0.273 \geq 0.206 \text{ (МПа)}$

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

3.1.5 Розрахунок на міцність циліндричної обичайки

Розрахунковий внутрішній надлишковий тиск в ємкості з врахуванням гідростатичного тиску середовища для гладкої циліндричної обичайки [4]:

$$p_{n5} = \frac{(p + h_3 \cdot \rho \cdot g)}{1000000} = 0.221 \text{ МПа} \quad (3.24)$$

Товщина стінки гладкої циліндричної обичайки розраховується за формулою:

$$s_{05} \geq s_{05p} + c$$

Де розрахункова товщина стінки циліндричної обичайки:

$$s_{05p} = \frac{p_{05} \cdot D}{2 \cdot \sigma_{\sigma} \cdot \varphi - p_{05}} = 1.86 \text{ мм}, \quad (3.25)$$

Приймаємо товщину стінки обичайки: $s_{05} = 3 \text{ мм}$.

Допустиме внутрішнє навантаження від надлишкового тиску:

$$p_5 = \frac{2 \cdot \sigma_{\partial} \cdot \varphi \cdot (s_{05} - c)}{D + (s_{02} - c)} = 0.743 \text{ МПа}, \quad (3.26)$$

Умова міцності виконується адже $p_5 \geq p_{n5} \quad 0.743 \geq 0.221 \text{ (МПа)}$

3.1.6 Розрахунок на міцність з'єднання циліндричної обичайки з конічним днищем

Умови використання розрахункових формул:

$$\alpha_2 \leq 70^\circ; \alpha_2 = 60^\circ$$

Товщина стінки для переходу у місці меншої циліндричної обичайки:

$$s_I := s_{\kappa 2}$$

Товщина стінки для конічного дна:

$$s_{k1} = 3 \text{ мм}$$

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

Коефіцієнт використання різних матеріалів для переходу та конічної кришки:

$$x_1 = 1$$

Розрахункові параметри для конічних і циліндричних обичайок [4]:

$$a_{1p} = 0.7 \cdot \sqrt{\frac{D_1}{\cos(\alpha_1)}} \cdot (s_{01} - c) = 38.3^\circ, \quad (3.27)$$

Розрахунковий діаметр гладкої конічної обичайки без тороїдального переходу

$$D_{k1} = D_1 - 1.4 \cdot a_{1p} \cdot \sin(\alpha_2) = 867.19 \text{ мм}, \quad (3.28)$$

Розрахунковий внутрішній надлишковий тиск в ємкості з врахуванням гідростатичного тиску середовища:

$$p_{n6} = \frac{(p + h_3 \cdot \rho \cdot g)}{1000000} = 0.221 \text{ МПа}, \quad (3.29)$$

Коефіцієнти форми для розрахунку товщини стінки перехідної зони:

$$\beta := 0.4 \cdot \sqrt{\frac{D_{k2}}{s_2 - c}} \cdot \frac{\tan(\alpha_1)}{1 + \sqrt{\frac{1 + x_1 \cdot \left(\frac{s_1 - c}{s_2 - c}\right)^2}{2 \cdot \cos(\alpha_1)}} \cdot x_1 \cdot \frac{s_1 - c}{s_2 - c}} - 0.25 = 1.675 \quad (3.30)$$

$$\beta_1 := \max(0.5, \beta)$$

Товщина стінки для перехідної зони:

$$s_{n6} \geq s_{n6p} + c$$

Де розрахункова товщина стінки перехідної зони:

$$s_{n6p} = \frac{p_{n3} \cdot D_{k2} \cdot \beta_1}{2 \cdot \sigma_\delta \cdot \varphi - p_{n2}} = 1.4 \text{ мм}, \quad (3.31)$$

Приймаємо товщину стінки переходу рівною: $s_{n3} = 3 \text{ мм}$.

Допустимий внутрішній надлишковий тиск для перехідної зони:

$$p_6 = \frac{2 \cdot \sigma_\delta \cdot \varphi (s_2 - c)}{D_{k2} \cdot \beta_1 + (s_2 - c)} = 0.461 \text{ МПа}, \quad (3.32)$$

Умова міцності виконується адже $p_6 \geq p_{n6} \quad 0.743 \geq 0.221 \text{ (МПа)}$

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

3.1.7 Розрахунок на міцність конічної обичайки

Розрахунковий внутрішній надлишковий тиск в ємкості з врахуванням гідростатичного тиску середовища для конічного днища [4]:

$$p_{n7} = \frac{(p + h_k \cdot \rho \cdot g)}{1000000} = 0.228 \text{ МПа}, \quad (3.33)$$

Товщина стінки конічного днища розраховується за формулою:

$$s_{k7} \geq s_{k7p} + c$$

Де розрахункова товщина стінки днища:

$$s_{k7p} = \frac{p_{k2} \cdot D_{k2}}{2 \cdot \varphi \cdot \sigma_{\delta} - p_{k2}} \cdot \left(\frac{1}{\cos(\alpha_1)} \right) = 0.99, \quad (3.34)$$
$$s_{k7p} + c = 1.1$$

Приймаємо товщину стінки: $s_{k7} = 3 \text{ мм}$.

Допустимий внутрішній надлишковий тиск для конічного днища:

$$p_7 = \frac{2 \cdot \sigma_{\delta} \cdot \varphi \cdot (s_{k7} - c)}{\frac{D_{k2}}{\cos(\alpha_1)} + (s_{k7} - c)} = 0.668 \text{ МПа}, \quad (3.34)$$

Умова міцності виконується адже $p_7 \geq p_{n7} \quad 0.668 \geq 0.228 \text{ (МПа)}$

3.1.8 Перевірка несучої здатності конічного днища від дії опорних навантажень

Умови використання розрахункових формул [4]:

$$B \geq 1.2 \cdot l, \quad 1.2 \cdot l = 0.168, \quad A \geq 0.4 \cdot B, \quad 0.4 \cdot B = 0.084, \quad s_2 \geq s_1.$$

$$60^\circ \leq 2 \cdot \alpha_1 \leq 120^\circ, \quad 0.1 \leq \frac{l}{D_p} \leq 0.4, \quad 0.002 \leq \frac{s_{o2}}{D_p} \leq 0.02$$

Розрахунковий діаметр:

$$D_p = \frac{d_1 + 2 \cdot b_2 - k - b_1}{\cos(\alpha_1)} = 0.935 \text{ м}, \quad (3.35)$$

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

Довжина лінії контакту опори з конічним днищем:

$$l = \frac{(b_1 - k)}{\sin(\alpha_1)} = 0.14 \text{ м}, \quad (3.36)$$

Визначення розрахункових навантажень, які діють на опорну стійку.

Вертикальне зусилля, що діє на опорну стійку [4]:

$$F_1 = \frac{G}{4} + \frac{M}{d_1}, \quad (3.37)$$

G - зусилля, яке діє на опорні стійки, G=0.0127 мН

M - зусилля, яке виникає при дії згинального моменту

$$M = \frac{G}{4} \cdot L = 0.004 \text{ мН} \cdot \text{м}, \quad (3.38)$$

$$F_1 = \frac{0.0127 \cdot 10^{-3}}{4} + \frac{0.004 \cdot 10^{-3}}{0.810} = 0.008 \text{ Н}, \quad (3.39)$$

Меридіальний момент від опорної стійки, який діє на конічне днище [4]:

$$M_1 = \frac{1}{2} \cdot F_1 \cdot (b_1 - b + k) = 3.762 \cdot 10^{-5} \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (3.40)$$

Розрахункові коефіцієнти k_5 та k_6 визначаються в залежності від відносної товщини стінки згідно з ДСТУ ГОСТ 34233.5-2017

$$\frac{l}{D_p} = 0.15 \quad \frac{s_{o2} - c}{D_p} = 0.003$$

$$k_5 = 90, k_6 = 5$$

Для робочого режиму: $n_{пр} = 2,4$

Граничний момент опору:

$$m_T = \frac{310 \cdot (s_1 - c)^2}{4} = 697.454 \text{ м}^3, \quad (3.41)$$

Допустиме нормальне навантаження для конічного днища:

$$F_{1\partial} = \frac{k_5 \cdot m_T}{n_{пр}} = 2.615 \cdot 10^4 \text{ Н}, \quad (3.42)$$

Допустимий меридіальний момент опору для конічного днища:

$$M_{1\partial} = \frac{k_6 \cdot m_T \cdot D_p}{n_{пр}} = 1.359 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (3.43)$$

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

Несуча здатність конічного днища з врахуванням вертикального зусилля та згинального моменту:

$$\frac{F_1 \cdot \sin(a_1)}{F_{1\partial}} + \frac{M_1}{M_{1\partial}} + \frac{p}{p_5} \leq 1$$

$$\frac{F_1 \cdot \sin(a_1)}{F_{1\partial}} + \frac{M_1}{M_{1\partial}} + \frac{p}{p_5} = 0.342, \quad (3.44)$$

Умова міцності виконується, адже $0.342 \leq 1$

3.2 Розрахунок пристосування для фрезерування шпоночних пазів

3.2.1 Розрахунок приводу пристосування

Для виконання операції фрезерування шпонокових пазів у циліндричних валах на вертикально-фрезерному верстаті моделі 6P12 розроблено спеціалізоване пневматичне затискне пристосування. Вибір пневматичного типу приводу обумовлений необхідністю забезпечення стабільності сил затиску, мінімізації допоміжного часу на встановлення та зняття заготовки, а також зменшення фізичного навантаження на працівника.

Базовим елементом пристосування є V-подібна призма, яка виконує дві ключові функції: встановлення (базування) заготовки за зовнішньою циліндричною поверхнею та її просторову орієнтацію відносно інструменту. Застосування V-подібної форми базування дозволяє компенсувати похибки форми попередніх поверхонь, а саме овальність, конусність чи бочкоподібність, та забезпечити стабільне положення осі вала відносно фрези. Торцеве упирання, реалізоване за допомогою контактної поверхні призми (або окремого упора, інтегрованого в корпус пристосування), виключає можливість зсуву заготовки вздовж осі під дією осьової складової сили різання. Запропонована схема базування відповідає принципу єдності технологічних та констру

Для подальшого перевірконого розрахунку основних параметрів пневмоприводу, зокрема визначення необхідного діаметра поршня

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

пневмоциліндра, робочого ходу та початкового зусилля на штоку, використовуються результати силового аналізу процесу різання. Раніше визначена головна складова сили різання (позначається як P_z або F_z) дозволяє розрахувати момент, який діє на заготовку та намагається повернути вал відносно його осі симетрії.

На рисунку 3.3 наведено розрахункову схему дії сил, яка відображає всі вектори навантажень, що виникають у системі

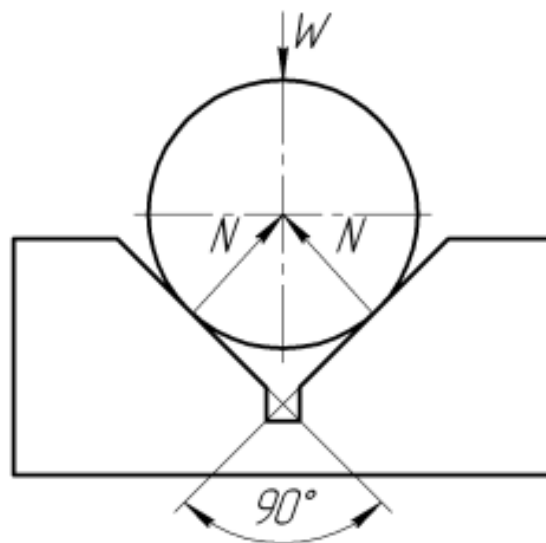


Рисунок 3.3 – Схема дії сил : W – сила затискання; N – сили реакції опор

Необхідне зусилля для закріплення заготовки визначається за формулою [21]:

$$W = \frac{k \cdot P_z}{f_1 + f_2 \cdot \sin \alpha} \quad (3.45)$$

f_1 – коефіцієнт тертя між прихватами і заготовкою, $f_1 = 0,5$;

f_2 – коефіцієнт тертя між заготовкою і призмою, $f_2 = 0,15$;

k – коефіцієнт запасу

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \quad (3.46)$$

$k_0 = 1,5$ – гарантований коефіцієнт запасу;

$k_1 = 1$ – коефіцієнт, що враховує ступінь затуплення інструменту;

$k_2 = 1$ – коефіцієнт, що враховує нерівномірність припуску;

$k_3 = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує уривчастість різання;

$k_4 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує мінливість сил закріплення;

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

$k_5 = 1,5$ – коефіцієнт, що враховує мінливість положення сил на поверхнях контакту настановних елементів з заготовкою.

$$k = 1,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,5 = 2,7, \quad (3.47)$$

$$W = \frac{2,7 \cdot 1,611}{0,5 + 0,15 \cdot \sin 90^\circ} = 6,86 \text{ кН}, \quad (3.48)$$

Визначаємо зусилля на штоку пневмоциліндра:

$$Q = W \cdot (\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{\text{пр}}) + \operatorname{tg} \varphi_{\text{пр}}), \quad (3.49)$$

$\varphi_{\text{пр}}$ – приведений кут тертя кочення на похилій площині клина;

α – кут підйому клина.

$$Q = 6,86 \cdot (\operatorname{tg}(5^\circ + 3^\circ) + \operatorname{tg} 3^\circ) = 1,32 \text{ кН}, \quad (3.50)$$

Визначаємо діаметр циліндру:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p \cdot \eta}} \quad (3.51)$$

p – тиск повітря в МПа, $p = 0,4$;

Q – сила зажима в Н;

η – загальний ККД пневмоприводу, $\eta = 0,9$.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1320}{\pi \cdot 0,4 \cdot 0,9}} = 68,3 \text{ мм}$$

Приймаємо $d = 70 \text{ мм}$.

3.2.2 Розрахунок пристосування на міцність

Виконуємо перевірочний розрахунок вісі по напрузі, що допускається, на зріз [21]:

$$\tau = \frac{4F}{\pi \cdot d^2} \leq [\tau] \quad (3.52)$$

F – сила діюча в радіальному напрямку вісі в Н;

d – діаметр штока ;

$[\tau]$ – допустиме напруження на зріз в МПа, $[\tau] = 204 \text{ МПа}$

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

$$\tau = \frac{4 \cdot 1611}{\pi \cdot 0,07^2} = 42 \text{ МПа}, \quad (3.53)$$

Шток з матеріалу AISI 304 витримує навантаження, що прикладається, так як $\tau = 42 \text{ МПа} < [\tau] = 204 \text{ МПа}$.

3.3 Перевірка міцності дріжджового танка в SolidWorks Simulation

Для підтвердження працездатності розробленої конструкції виконано чисельний розрахунок напружено-деформованого стану (НДС) дріжджового танка з використанням програмного комплексу SolidWorks Simulation. Аналіз проведено для статичних навантажень, які відповідають реальним робочим умовам експлуатації обладнання.

Першим етапом розрахунку стало створення спрощеної 3D-моделі досліджуваної ємності (рис. 3.3). Модель побудовано на основі геометричних параметрів, отриманих у розділі 3.1, при цьому з метою зменшення обчислювальних витрат із моделі виключено дрібні конструктивні елементи, які не мають суттєвого впливу на напружено-деформований стан корпусу.

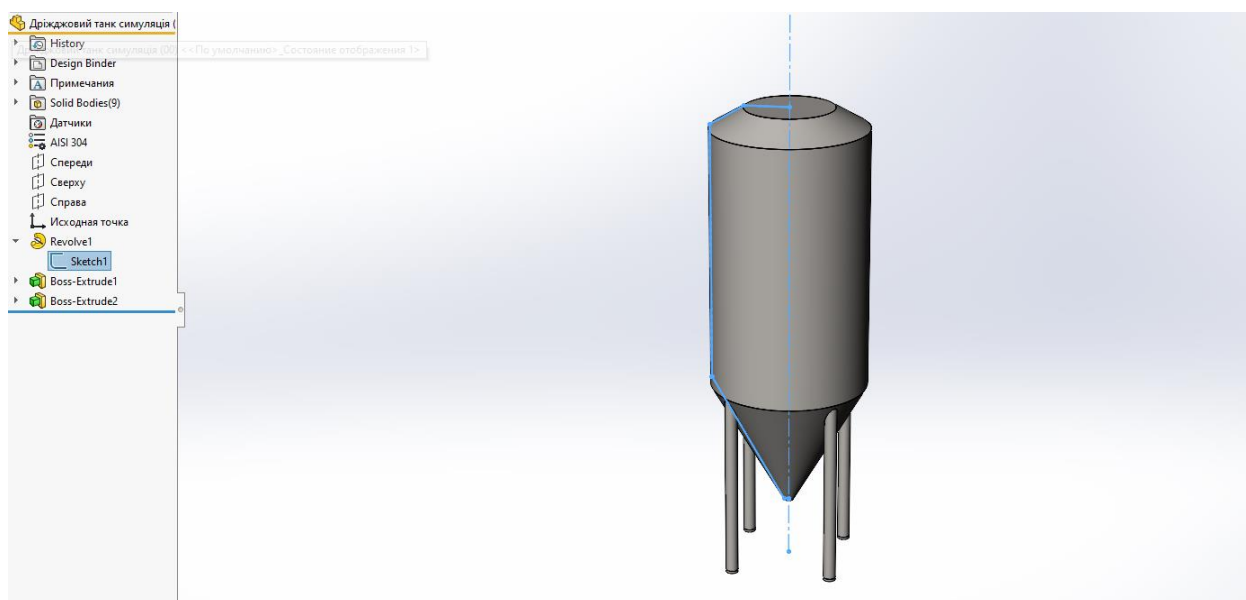


Рисунок 3.4 – Спрощена 3D модель ємності

Для забезпечення точності розрахунку напружено-деформованого стану конструкції задано розподілену масу ємності, яка становить 1100 кг. До моделі також прикладено дію сили тяжіння із стандартним прискоренням

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

9,81 м/с², що дозволяє коректно змоделювати навантаження від власної ваги танка. Відповідно до вимог нормативної документації, на внутрішні поверхні корпусу подано випробувальний тиск величиною 2,4 бара. Сукупність зазначених навантажень показано на рис. 3.5

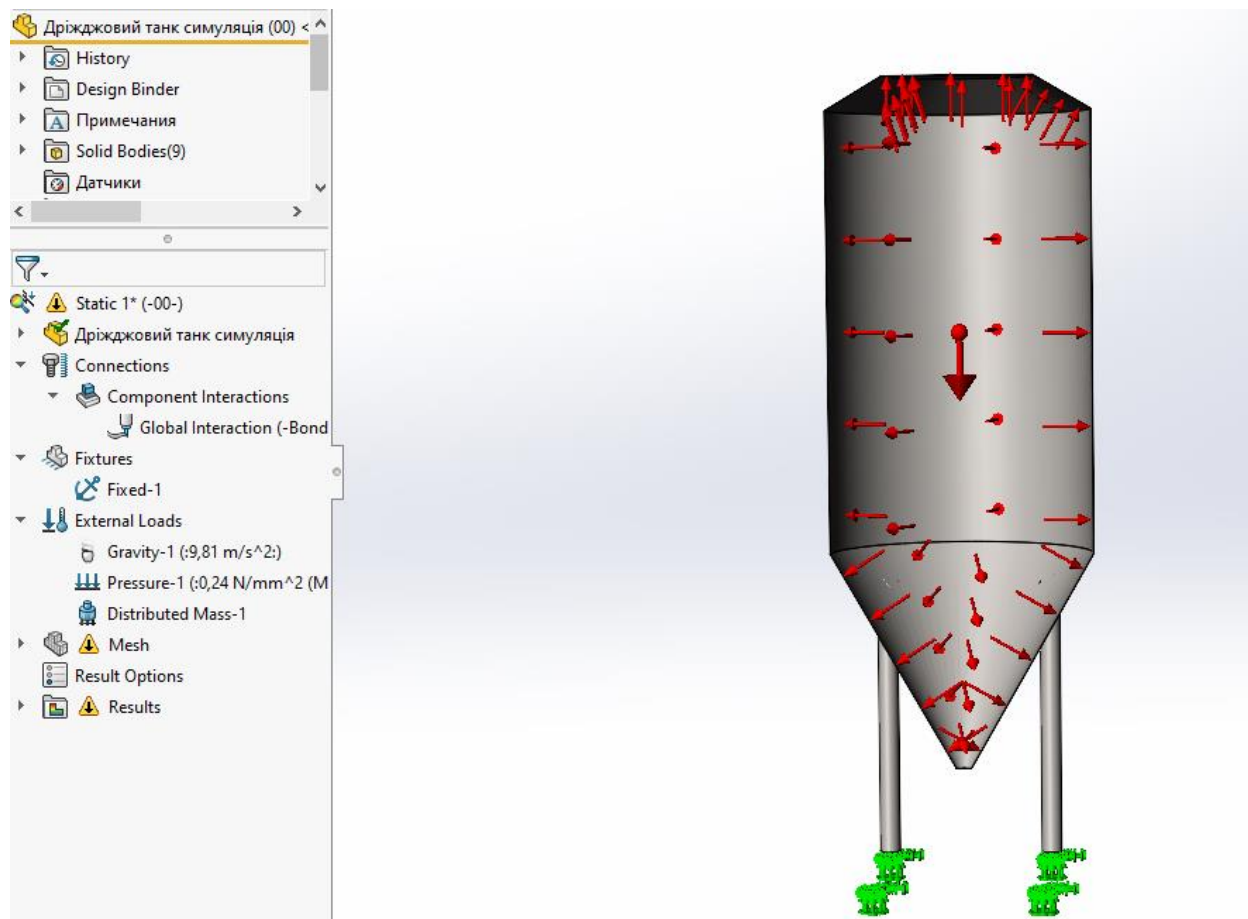


Рисунок 3.5 – Сукупність вказаних параметрів

Після цього будуюмо скінченно-елементну сітку. Глобальний розмір елемента задаємо 8 мм. Далі запускаємо статичну симуляцію. У процесі розрахунку програма визначає напруження (рис. 3.6), переміщення (рис. 3.7), а також фактор безпеки (рис. 3.8). Найбільша деформація спостерігається на конусній обичайці і дорівнює 0,258 мм, що є в межах норми.

Розрахуємо коефіцієнт запасу міцності за допомогою формули [16]

$$n = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_{от}}, \quad (3.54)$$

Де

σ_{max} – максимально допустиме напруження, $\sigma_{max} = 204$ МПа

$\sigma_{от}$ – напруження яке ми отримали при симуляції, $\sigma_{от} = 86,58$ МПа

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

$$n = \frac{204 \text{ МПа}}{86,58 \text{ МПа}} = 2,36$$

Після проведених розрахунків можна зробити висновок, що числа співпадають із отриманими після симуляції, це свідчить що наша ємність спроектована вірно і витримає робочі навантаження.

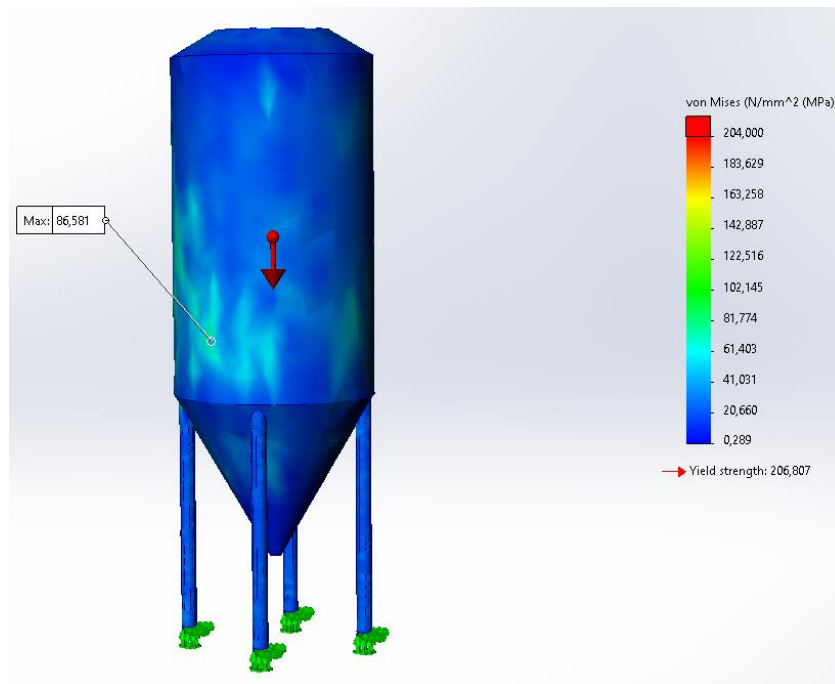


Рисунок 3.6 – Результати чисельного розрахунку навантажень

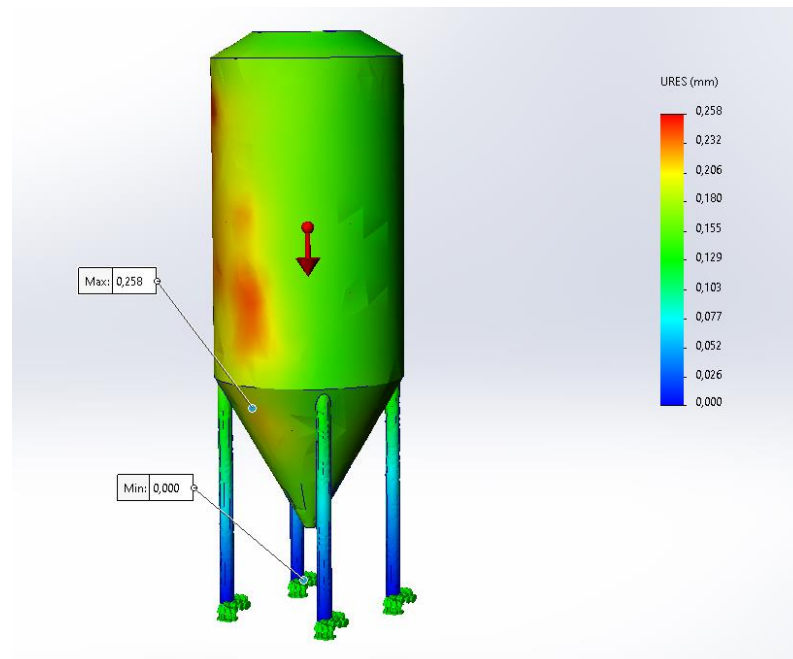


Рисунок 3.7 – Результат чисельного розрахунку допустимої деформації

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

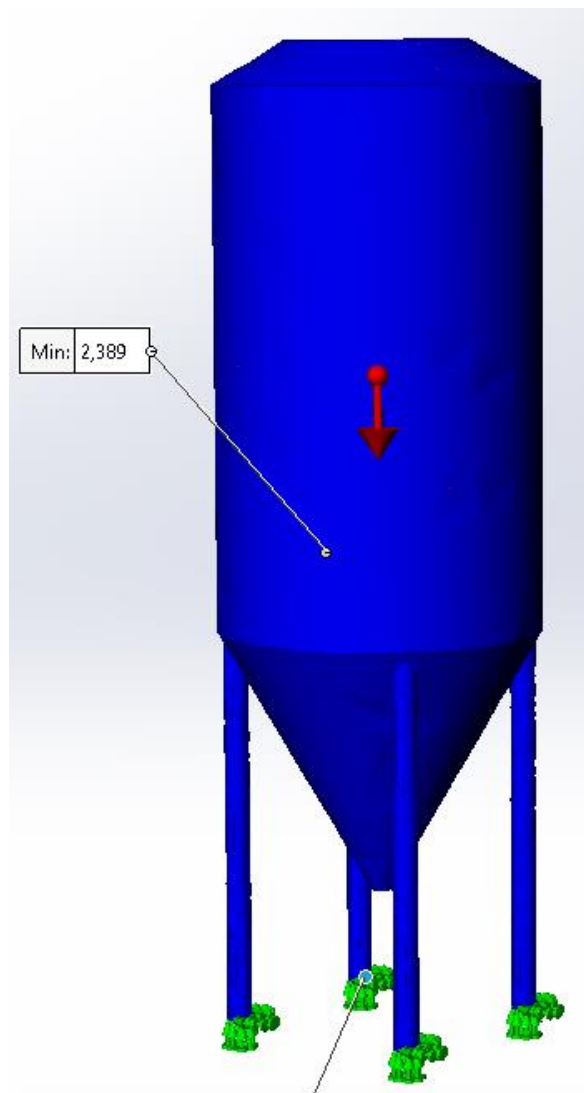


Рисунок 3.8 – Результат чисельного розрахунку запасу міцності

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Діяльність людини-оператора на підприємствах із безперервним технологічним циклом відноситься до категорії робіт із значним нервово-емоційним навантаженням. Працездатність людини-оператора є комплексною характеристикою її здатності виконувати професійні функції на заданому рівні ефективності та надійності протягом певного часу. Відповідно до досліджень у галузі інженерної психології, фізіології праці та ергономіки, рівень працездатності визначається поєднанням психофізіологічних, психологічних і професійних якостей індивіда, а також умовами виробничого середовища. Оскільки операторська діяльність передбачає сприйняття й перероблення великих обсягів інформації, прийняття рішень в умовах дефіциту часу та високу відповідальність за можливі помилки, її відносять до категорії робіт із значним нервово-емоційним навантаженням.

Згідно з нормативними документами з охорони праці та ергономіки, під час організації роботи оператора необхідно враховувати динаміку працездатності протягом зміни, тижня та більш тривалих періодів. Виділяють три основні фази. Перша – фаза адаптація, яку також називають фазою мобілізації. Це початковий період тривалістю від кількох хвилин до півтори години, коли відбувається адаптація фізіологічних систем до виконання завдань, що супроводжується поступовим підвищенням продуктивності, стабілізацією психомоторних реакцій та налаштуванням аналізаторів на сприйняття робочих сигналів. Друга фаза – стійкої оптимальної працездатності, яка є періодом найбільш стабільних показників точності, швидкості та надійності виконання операцій.

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ								
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата									
Розроб.		Буцій Б.В.			РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ				Лім.	Арк.	Акрушів		
Перевір.		Вітенько Т.М.									80	92	
									ТНТУ, ФМТ, ст. гр. МО-41				
Н. Контр.		Кравець О.І.											
Затверд.		Пилипець О.М.											

Третя фаза – розвитку втоми, коли через вичерпання функціональних резервів організму працездатність знижується. Це виявляється у зростанні кількості помилок, уповільненні сенсомоторних реакцій, звуженні обсягу уваги, погіршенні короткочасної пам'яті, появі відчуття втоми та сонливості. Якщо робота триває на фоні втоми, розвивається перевтома – патологічний стан, що потребує медичного втручання та створює пряму загрозу безпеці виробництва.

Ключовою категорією для оцінки операторської діяльності є надійність оператора, тобто здатність безпомилково виконувати функції в заданих режимах і умовах роботи. Надійність залежить від професійного досвіду, рівня сенсомоторної координації, обсягу оперативної пам'яті, стресостійкості, мотивації, а також від стану здоров'я й рівня втоми на момент виконання роботи. Кількісна оцінка надійності оператора виражається через імовірність безвідмовного виконання завдання протягом заданого часу або через інтенсивність помилок.

Для забезпечення ефективного управління працездатністю людини-оператора на підприємстві застосовуються методи діагностики, поточного контролю та прогнозування. Оцінка проводиться на фізіологічному, психологічному та поведінковому рівнях. До основних методів належать хронометражні спостереження, тобто фіксація часу виконання окремих операцій, циклів роботи, тривалості пауз і простоїв, що дозволяє виявити фактичний рівень продуктивності, його коливання протягом зміни, а також нераціональні витрати робочого часу. Важливе місце посідає аналіз помилкових дій – реєстрація кількості, типу та причин помилок, таких як пропуск сигналу, передчасне або запізніле реагування, неправильне впізнання, невірна послідовність дій чи хибне спрацювання; це є інтегральним показником надійності оператора. Широко використовуються вимірювання фізіологічних показників: частоти серцевих скорочень, варіабельності серцевого ритму, артеріального тиску, часу простої та складної сенсомоторної реакції, критичної частоти злиття миготінь, сили тремору, шкірно-

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

гальванічної реакції, а також показників електрокардіограми та електроенцефалограми. Психологічне тестування передбачає оцінку обсягу, переключення та розподілу уваги за допомогою коректурної проби Бурдона й таблиць Шульте, оцінку обсягу короткочасної та оперативної пам'яті за методикою Джекобса та тестом на запам'ятовування чисел, оцінку емоційної стійкості за опитувальниками рівня тривожності Спілбергера–Ханіна, а також оцінку рівня втоми та монотоностійкості. Застосовують і суб'єктивне шкалювання: анкетування операторів щодо самопочуття, активності, настрою за методикою САН, оцінювання ступеня втоми за балами за стандартизованими опитувальниками, визначення рівня задоволеності працею.

Прогнозування працездатності здійснюється на підставі результатів попередніх періодичних обстежень, а також аналізу динаміки показників у попередні дні та години роботи. Спад працездатності можна передбачити за ранніми ознаками. До поведінкових ознак належать підвищення кількості зайвих або хаотичних рухів, зміна робочої пози, часте відведення погляду від індикаторів, послаблення контролю за виконанням дій, розмови не за темою. Фізіологічні ознаки – це почастішання пульсу при незмінному навантаженні, збільшення коливань артеріального тиску, подовження латентного періоду рухової реакції, поява мікросонних станів. Психологічними ознаками є скарги на відчуття «туману» в голові, труднощі зосередження, сонливість, дратівливість на незначні подразники, апатія. Професійні ознаки включають збільшення частки запізнілих відповідей на сигнали, появу пропусків значущих подій, потребу в додаткових уточненнях інструкцій, зниження ініціативності.

Суттєвий вплив на працездатність людини-оператора мають фактори виробничого середовища. Фізичні фактори – це освітленість робочої поверхні, параметри мікроклімату (оптимальний діапазон температури повітря 20-22 °С, відносної вологості 40-60 %, швидкості руху повітря 0,1-0,2 м/с), рівень шуму (допустимий для операторських приміщень не більше 50-60 дБА), вібрація,

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

електромагнітні поля та статична електрика. Ергономічні фактори виявляються у невідповідності робочого місця антропометричним даним оператора, незручній робочій позі, поганому огляді індикаторів, нераціональному розташуванні органів керування відносно робочих зон досяжності моторного поля. Інформаційні фактори проявляються як надмірне надходження сигналів або недостатнє, дефіцит часу на прийняття рішення, наявність шумових або семантичних завад, низька розбірливість знаків та символів на дисплеях, неоптимальна частота оновлення інформації. Психоемоційні фактори пов'язані з монотонією, яка виникає при тривалому виконанні однотипних операцій без активного навантаження на мислення, високим рівнем відповідальності за результати праці, ризиком виникнення аварійної ситуації, ненормованим або змінним графіком роботи, а також конфліктними ситуаціями в колективі.

Для попередження передчасної втоми та підтримання працездатності оператора на заданому рівні роботодавець спільно зі службою охорони праці, профспілковою організацією та керівниками структурних підрозділів запроваджує комплекс заходів, який поділяється на організаційні, технічні, гігієнічні та психофізіологічні. Організаційні заходи включають раціональні режими праці та відпочинку з урахуванням динаміки працездатності, а саме внутрішньозмінні мікропаузи, регламентовані перерви, щотижневі та сезонні графіки, чергування видів робіт за принципом активного відпочинку. Важливо запобігати понаднормовим роботам та роботам у вихідні дні, особливо для операторів, зайнятих на відповідальних постах, а також проводити періодичні медичні огляди з обов'язковою оцінкою психофізіологічного стану. Технічні заходи передбачають приведення параметрів робочого місця у відповідність до антропометричних даних оператора та вимог ергономічних стандартів: крісло з регулюванням висоти й нахилу спинки, пульт з оптимальним кутом огляду, органи керування в межах моторного поля, якісні засоби відображення інформації. Також сюди належить забезпечення нормованих рівнів освітлення, мікроклімату, шуму, зменшення електромагнітних полів та пульсацій

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

світлового потоку від екранів дисплеїв. Гігієнічні заходи включають забезпечення операторів питною водою належної якості, організацію кімнат психоемоційного розвантаження з комфортною обстановкою, проведення виробничої гімнастики та мікропауз для гімнастики очей, а також забезпечення питного режиму. Психофізіологічні заходи спрямовані на навчання операторів навичкам саморегуляції, проведення професійного психологічного відбору кандидатів на операторські посади з оцінкою нейродинамічних якостей, стресостійкості та надійності, а також на розвиток професійно важливих якостей у процесі навчання та тренувань.

У виробничих умовах керівництво підприємства та служба охорони праці зобов'язані забезпечувати запровадження раціональних режимів праці й відпочинку для операторів, проводити заходи з профілактики втоми, а також організовувати передзмінний медичний контроль за станом здоров'я осіб, зайнятих на потенційно небезпечних операціях. Оператори, які виявляють ознаки значного зниження працездатності, підлягають тимчасовому відстороненню від виконання відповідальних функцій згідно з внутрішніми положеннями підприємства з обов'язковим занесенням до журналу контролю стану працівників. На підставі виявлених ранніх ознак зниження працездатності керівник зміни чи спеціаліст з охорони праці приймає рішення про введення додаткових регламентованих перерв тривалістю 5-10 хвилин кожні 1-1,5 години роботи, тимчасову зміну виду діяльності, а за наявності вираженого зниження працездатності, що створює реальну загрозу безпеці працівників або обладнання, – усунення оператора від виконання роботи із заміною на підготовленого дублера.

Спеціалісти з охорони праці разом зі службою управління персоналом мають право ініціювати проведення додаткових психофізіологічних обстежень операторів, вимагати неухильного дотримання регламентованих перерв у роботі та затверджених режимів праці, а також видавати керівникам дільниць, цехів, служб обов'язкові для виконання приписи щодо усунення факторів, які призводять до передчасної втоми персоналу. У разі невиконання

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

таких приписів у встановлений термін спеціалісти служби охорони праці мають право звертатися до роботодавця з поданням про притягнення винних посадових осіб до дисциплінарної або матеріальної відповідальності.

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи розроблено конструкцію ємності для зберігання дріжджової маси корисним об'ємом 1 м³, яка являє собою вертикальну зварну конструкцію з конічним днищем, двозонною системою термостатування та перемішувальним пристроєм. Запропоноване технічне рішення забезпечує підтримання дріжджової суспензії в охолодженому стані завдяки використанню водного розчину пропіленгліколю як холодоносія, що дозволяє підтримувати температуру зберігання в діапазоні від +2 °С до +4 °С.

Конструкція апарата передбачає наявність регульованих гвинтових опор для точного вертикального вирівнювання, що є критичним для стабільної роботи привода мішалки та гравітаційного зливу продукту. Обґрунтовано вибір основного конструкційного матеріалу - нержавіючої сталі AISI 304, яка забезпечує необхідну корозійну стійкість, санітарно-гігієнічну безпеку та технологічність виготовлення.

Розроблено заходи з технічного обслуговування обладнання, які включають щозмінний контроль герметичності фланцевих з'єднань і контрольно-вимірювальних приладів, щомісячний огляд ущільнювачів та запобіжної арматури, а також періодичність поточних, середніх та капітальних ремонтів із визначеними трудомісткостями операцій.

Важливим результатом є розроблення технологічного процесу розбирання та складання вузла мішалки, а також маршруту механічної обробки кінцевого вала, що дозволяє відновлювати зношені поверхні з високою точністю та мінімальною шорсткістю.

Проведені розрахунки міцності аналітичним методом та за допомогою програмного комплексу SolidWorks Simulation підтвердили, що напруження в

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Буцій Б.В.			ВИСНОВКИ			Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Вітенько Т.М.								86	92
Н. Контр.		Кравець О.І.						ТНТУ, ФМТ, ст. гр. МО-41			
Затверд.		Пилипець О.М.									

елементах корпусу не перевищують допустимих значень, а запас міцності становить 2,36.

Розроблене пневматичне затискне пристосування забезпечує стабільне базування та закріплення заготовок під час фрезерування шпонкових пазів. Розглянуто питання охорони праці, зокрема динаміку працездатності людини-оператора, фактори виробничого середовища, методи діагностики втоми та заходи щодо попередження перевтоми. Таким чином, поставлену мету роботи досягнуто, а розроблена конструкція та комплекс заходів із технічного обслуговування забезпечують надійну, безпечну та санітарно-гігієнічну експлуатацію дріжджового танка на підприємствах харчової промисловості.

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Закалов О. В., Ворощук В. Я. Дипломне проектування технологічного обладнання переробних і харчових виробництв : навчальний посібник. Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2011. 350 с.
2. Закалов О. В., Закалов І. О. Технологічне обладнання харчових виробництв : навчальний посібник. Тернопіль : Видавництво ТДТУ, 2000. 406 с.
3. Kunze W. Technology Brewing & Malting: All you need to know about professional beer brewing: 6th revised English edition. Berlin: VLB Berlin, 2019. 948 p.
4. Мирончук В. Г., Орлов Л. О., Українець А. І. та ін. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості : навчальний посібник. Вінниця : Нова книга, 2004. 288 с.
5. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навчально-методичний посібник. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108 с.
6. Іванченко Г. П. Основи теорії дизайну : конспект лекцій. Луцьк : ТК Луцького НТУ, 2014. 51 с.
7. Скобло Ю. С., Соколовська Т. Б., Морозенко Д. І., Тіщенко Л. М., Троянов М. М. Безпека життєдіяльності : навчальний посібник. Київ : Кондор, 2003. 424 с.
8. Стручок В. С. Безпека в надзвичайних ситуаціях : методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 156 с.

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Буцій Б.В.			ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ			Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Вітенько Т.М.								88	92
Н. Контр.		Кравець О.І.			ТНТУ, ФМТ, ст. гр. МО-41						
Затверд.		Пилипець О.М.									

9. Стручок В. С. Техноекологія та цивільна безпека. Частина «Цивільна безпека» : навчальний посібник. Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2022. 150 с.

10. Афтанділянц Є. Г., Зазимко О. В., Лопатько К. Г. Матеріалознавство : підручник. Херсон : Олді-плюс, 2013. 612 с.

11. Таран Ю. М., Калінушкін Є. П., Куцова В. З. Металознавство і термічна обробка металів і сплавів із застосуванням комп'ютерних технологій навчання : підручник. Дніпропетровськ : Дніпрокнига, 2002. 360 с.

12. Заплетніков І. М., Мирончук В. Г., Кудрявцев В. М. Експлуатація і обслуговування технологічного обладнання харчових виробництв : навчальний посібник. Київ : Кафедра, 2012. 344 с.

13. Рурський П. В., Перцевий Ф. В., Гулий І. С. та ін. Монтаж, ремонт, наладка обладнання харчових виробництв : практикум. Харків, 2001. 230с.

14. Яким Р. С. Безпека життєдіяльності : навчальний посібник. Львів : Бескид Біг, 2005. 170 с.

15. Ткачук К. Н., Халімовський М. О., Зацарний В. В., Зеркалов Д. В., Сабарно Р. В., Полукаров О. І., Козьяков В. С., Мітюк Л. О. Основи охорони праці : підручник. 2-ге вид., доп. та перероб. Київ : Основа, 2006. 448 с.

16. Ворощук В. Я., Вітенько Т. М. Інжиніринг та 3D моделювання в середовищі Solidworks : навчальний посібник. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2023. 164 с.

17. Pawel D., Derkach A., Stadnyk I., Vitenko T. Simulation of components mixing in order to determine rational parameters of working bodies. Advances in Science and Technology Research Journal. 2016. Vol. 9, p. 130–138. URL: <https://doi.org/10.12913/22998624/64068>

18. Lombard M. Mastering SolidWorks. Sybex, 2019. 1219 p.

19. Keska P. SolidWorks 2021: Part Modeling, Assemblies, and Drawings. CADvantage, 2021. 1586 p.

20. Павлице В. Т. та ін. Основи конструювання та розрахунок деталей машин. Київ : Вища школа, 1993. 556 с.

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		89

21. Вітенько Т. М., Ворощук В. Я. Сучасні підходи до конструювання і моделювання робочих органів технологічного обладнання харчових виробництв. В кн.: Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності : третя міжнародна науково-практична конференція, 4–6 вересня 2019 р. Харків : ХДУХТ, 2019. С. 108–109.

22. Буцій Б., Ворощук В. Використання смарт технологій в процесі експлуатації та обслуговування промислового обладнання. В кн.: Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті : матеріали 91-ї Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, Київ, 7–11 квітня 2025 р. Київ : НУХТ, 2025. Ч. 2. С. 36.

23. Буцій Б. В. Аналіз впровадження технології вторинної переробки відходів пивзаводу. В кн.: Актуальні задачі сучасних технологій : збірник тез доповідей XIII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів, Тернопіль, 11–12 грудня 2024 р. Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2024. С. 325.

24. Паливода Ю. Є., Дячун А. Є., Лещук Р. Я. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навч.-метод. посібник. Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2019. 240 с. 6,4 ум.-друк. арк. Тираж 15 прим.

					КРБ 22-055.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		90