

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

Кафедра Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій
проектування

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)

(підпис)
Блаженко С.І.
(прізвище та ініціали)

« ___ » _____ 20__ р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

(підпис)
Якимчук М.В.
(прізвище та ініціали)

« ___ » _____ 20__ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

зі спеціальності _____ 133 «Галузеве машинобудування»
освітньо-професійної програми Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв
на тему Удосконалення пристроїв перемішування ферментатора
барботажного типу

Виконав: здобувач V курсу, групи ЗОХ-5-9ск

Золотаревич Сергій Валерійович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник: Якобчук Роман Леонідович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Консультанти _____
(прізвище та ініціали)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент _____
(прізвище та ініціали)

(підпис)

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

Здобувач _____
(підпис)

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С.Гулого
Кафедра Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування
Освітній ступінь бакалавр
Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»
(шифр і назва)
Освітня програма «Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТОКТП
проф. Якимчук М.В.

“ ___ ” _____ 20__ року

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

Золотаревич Сергій Валерійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Удосконалення пристроїв перемішування ферментатора барботажного типу

керівник проекту (роботи) Якобчук Роман Леонідович, доц., кандидат тех. наук

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

затвержені наказом закладу вищої освіти від «01» листопада 2021 р. № 859-кс

2. Строк подання здобувачем роботи «01» лютого 2022р.

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

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

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

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

Загальний вигляд обладнання – 1 аркуш; Складальні одиниці обладнання, вузли – 2 аркуш; Технологія машинобудування – 1 аркуш; Технологічна схема.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання: «01» жовтня 2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Анотація, зміст</i>	02.10.2021р.	
2	<i>Вступ</i>	13.10.2021р.	
3	<i>Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі</i>	24.10.2021р.	
4	<i>Техніко-економічне обґрунтування</i>	26.10.2021р.	
5	<i>Характеристика вихідної сировини і готового продукту</i>	06.11.2021р.	
6	<i>Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи.</i>	08.11.2021р.	
7	<i>Вибір конструкційних матеріалів</i>	10.11.2021р.	
8	<i>Розрахункова частина</i>	13.11.2021р.	
9	<i>Технологічний маршрут виготовлення деталі</i>	17.11.2021р.	
10	<i>Вимоги щодо монтажу, експлуатації та ремонту</i>	20.12.2021р.	
11	<i>Опис системи управління</i>	22.12.2021р.	
12	<i>Заходи щодо охорони праці</i>	24.12.2021р.	
13	<i>Висновки</i>	27.12.2021р.	
14	<i>Графічна частина: 5 аркушів формату А1</i>	29.12.2021р.	
	<i>Подача кваліфікаційної роботи на кафедру</i>	25.01.2022р.	

Здобувач _____
(підпис)

Золотаревич С.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Якобчук Р.Л.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

В кваліфікаційній роботі приведено удосконалення пристроїв перемішування ферментатора барботажного типу, що забезпечить зменшення часу на перемішування сировини на 25...30%. Наведені пропозиції по заміні приводу пристроїв перемішування.

В роботі наведено наступні розділи: порівняльний аналіз існуючих конструкцій обладнання ферментаторів, наведені їх розрахунки, монтаж, ремонт і експлуатація, та заходи з охорони праці.

Кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки, що містить __ сторінку, та 5 листів графічної частини.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Якобчук Р. Л.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Золотаревич С.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Анотація	19-1685.КР.02.000 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/2

SUMMARY

In the qualification work the improvement of mixing devices of bubble type fermenter is given, which will reduce the time for mixing raw materials by 25... 30%. Suggestions for replacing the drive of mixing devices are given.

The following sections are presented in the paper: comparative analysis of existing constructions of fermenters equipment, their calculations, installation, repair and operation, and labor protection measures.

Qualification work consists of an explanatory note containing ___ pages and 5 letters of the graphic part.

ЗМІСТ

	стор.
Анотація.....	3
Вступ.....	5
1. Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі.....	7
2. Техніко-економічне, соціальне обґрунтування.....	15
3. Характеристика вихідної сировини і готового продукту.....	16
4. Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи обладнання.....	18
5. Вибір конструкційних матеріалів.....	21
6. Розрахункова частина.....	22
7. Технологічний маршрут виготовлення деталі.....	31
8. Вимоги щодо монтажу, експлуатації та ремонту.....	39
9. Опис системи управління.....	43
10. Заходи щодо охорони праці.....	44
11. Заходи щодо екології.....	49
Висновки.....	51
Список використаних літературних джерел.....	52
Специфікації.....	55

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Якобчук Р. Л.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Золотаревич С.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Зміст	19-1685.КР.02.000 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук В.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/1

Вступ

Ферментатор – апарат для вирощування пліснявих грибів та бактерій. В даному обладнанні можуть проводитись хімічні реакції об'ємом від декількох мілілітрів до десятків метрів кубічних. В ферментаторах передбачається інтенсивне перемішування культурального середовища, подача повітря для дихання (живлення) мікроорганізмів та відвід енергії (біологічного тепла).

Завданням функціонування ферментатора – вироблення (вирощування) плісенних грибів з сировини при дотриманні технологічних вимог максимального ефективного технологічного процесу:

- створення ефективного режиму проведення реакції (процесу);
- забезпечення високих енергетичних показників;
- зменшена вартість обладнання (реактора);
- простота експлуатації, монтажу та ремонту.

Ферментатори, в залежності від виду перемішування, діляться: на ферментатори з механічним перемішуванням (лопатеві, турбінні і пропелерні мішалки) та пневматичним перемішуванням. За способом підведення повітря в середовище, ферментатори поділяються на ферментатори з підведенням повітря через форсунки та барботер.

Найефективнішими є ферментатори з мішалками, тому що забезпечують тонке диспергування (подрібнення, розповсюдження) повітря, яке подається в рідину, що перемішується. При механічному перемішуванні досягається Додаткове подрібнення бульбашок повітря досягається за рахунок механічного перемішування та забезпечується подовження траєкторії їх руху у турбулізаційному потоці.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Якимчук Р. Л.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Золотаревич С.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Вступ	19-1685.КР.00.000 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/2

Плісняві гриби, що розвиваються в середині апарату, вживають повітря, розчинене в рідкому середовищі. Інтенсивність розчинення повітря залежить від поверхні контакту газової і рідкої фаз, а також часу контакту. Якісні показники цих величин досягаються при подачі повітря, що диспергується за рахунок перемішуванні механічному. Механічне перемішування забезпечує додаткове подрібнення повітряних бульбашок.

Щоб запобігти надходження в апарат інфекцій в процесі вирощування культури грибів, під кришкою апарата необхідно забезпечити надлишковий тиск, що повинен становити – $0,15...0,25 \text{ МН/м}^2$. Цю умову необхідно враховувати при виборі обладнання для подачі повітря на аерацію культури грибів.

Конструктивним матеріалом для ферментатора, за своїми властивостям, найбільш підходять аустенітні корозійностійкі сталі, що містять велику кількість хрому (18%), тому і мають високу ступінь корозійної стійкості.

1. Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі

В цехах на спиртозаводах інколи використовуються ферментатори для вирощування пліснявих грибів, заміняючи солод. Ферментатори, що встановлені, з лопатевими мішалками і підведенням повітря через форсунки для аерації середовища. На рисунку 1.1 представлений ферментатор такого типу, об'ємом – 40 м³. Підведення повітря передбачено через 12-ть форсунок, що вмонтовані в його днище. По двох концентричних кіл розміщені форсунки; на колі діаметром 2,2 м – 8 форсунок; на колі 1,3 м – 4 форсунки. Вісь форсунок направлені вертикально; діаметр горловини форсунки становить 6 мм.

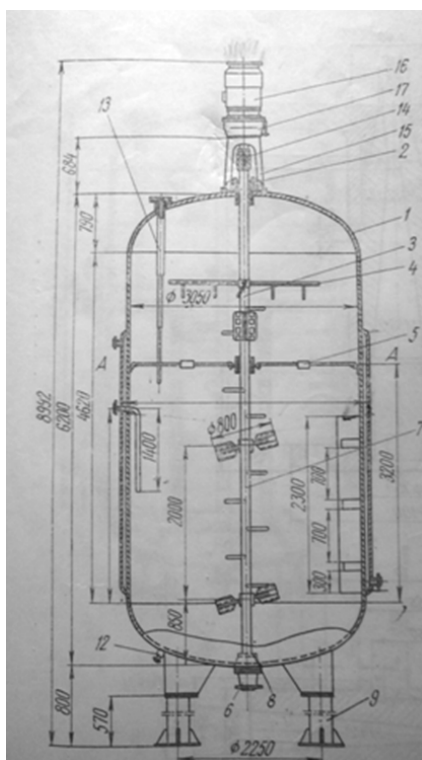


Рис 1.1 Ферментатор з механічною мішалкою і підведенням повітря через форсунки

Приєднаний повітропровід до форсунок накидними гайками. Це дозволяє легко від'єднати його при санітарному обробленні апарата. Мішалки та форсунки забезпечують в середині апарату отримання грибної культури з нормальною активністю за витрат повітря у межах 20...30 м³/год на 1 тону середовища аерації.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Якимчук Р. Л.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Золотаревич С.В.	Назва, додаткова назва Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі	19-1685.КР.02.001 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/8

На рисунку 1.2 зображений ферментатор з об'ємом камери 40 м³ і пневматичним перемішуванням та аерацією середовища. У середині корпусу обладнання діаметром 3 м встановлений циліндр з сорочкою нагрівання діаметром 1,242 м та висотою 3,1 м, в середині з розтрубом. По осьовій лінії розміщений аератор 4, що являє собою трубопровід з діаметром 159×6 мм, який закінчується розеткою розпилення.

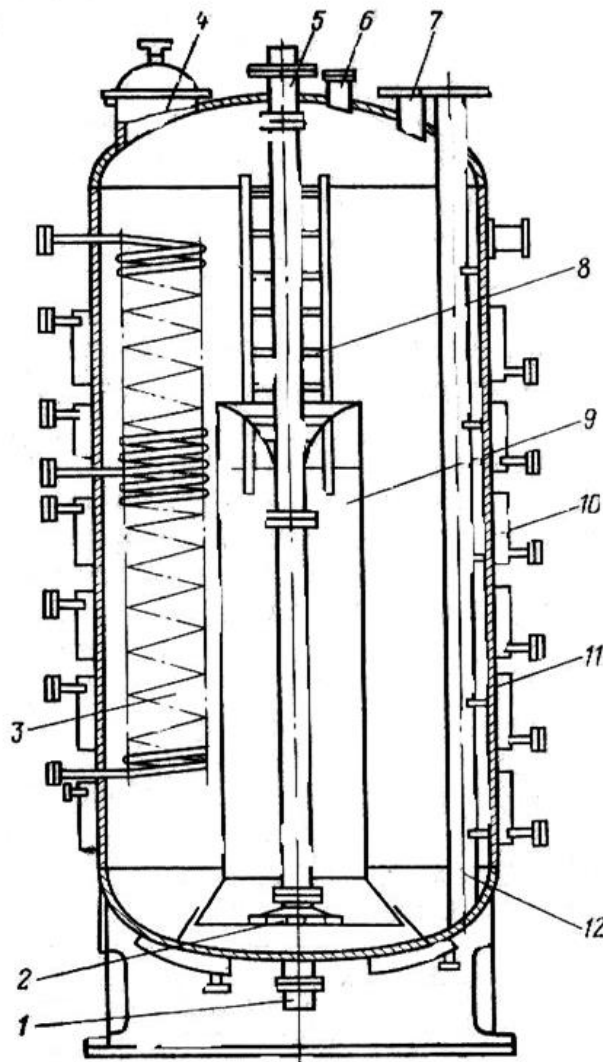


Рис.1.2 Ферментатор з пневматичним перемішуванням і аерацією середовища:

1 – штуцер для зливу, 2 – аератор; 3 – змійовики; 4 – оглядовий люк; 5 – штуцер підведення повітря; 6 – штуцер для відведення повітря; 7 – патрубок для завантаження; 8 – сходи; 9 – дифузор; 10 – сорочка; 11 – корпус; 12 – труба передавлювання.

В аератор повітря потрапляє під тиском, за рахунок проходження через розетку та за рахунок дії лопаток отримує однобічний рух, що прилягає до

кола розетки розпилення, утворюючи вихровий рух повітря, за рахунок якого забезпечується турбулентний рух середовища, яке знаходиться у середні циліндра, що направляє. Емульсія, що утворюється, підіймається вгору, переливається через кромки циліндра верхні та потім по кільцевому простору, що утворений внутрішньою та зовнішньою стінами корпусу апарату опускається в нижню частину. Щоб відвести біологічне тепло, у теплообміну рубашку апарату подається вода охолодження.

Ферментатори барботажного типу з механічним перемішуванням

Ферментатори барботажного типу з механічним перемішуванням досить широко використовуються для вирощування мікроорганізмів – продуцентів біологічно активних речовин у стерильних середовищах.

Такого типу ферментатор – вертикальний апарат з циліндричною формою, який виготовлений матеріалу – Х18Н10Т або композитів металів з кришкою і днищем еліптичної форми. Висота апарату відноситься до діаметра як 2,6:1. Зверху на кришці ферментатора розміщений привід у конструкцію якого входить електродвигун 1, редуктор 2, муфта 3, підшипник 4 і сальник 5. Там же розміщено штуцери, що забезпечують завантаження середовища для живлення та посівного матеріалу 18, підведення та видалення повітря 19, вікна огляду, люки, що забезпечують встановлення механічної миючої головки; клапан запобіжний. Щоб вивантажити культуру, у днищі апарату розміщений штуцер спускання 16. В корпусу 7 розміщений вал 6 мішалками – закриті турбіни 8.

Барботер 13 з'єднаний з трубою 11, що забезпечує підведення повітря та виконаний у формі ромба, що розбирається, з перфорованих трубопроводів. Зверху барботеру розміщені у шаховому порядку 2000–3000 невеликих отворів. Вал 6 і перемішуючі пристрої 8, 12, 14 з муфтами 10 і 15 приводяться в обертання від мотор-редуктора 2. У ферментатора є сорочка

17, яка складається з 6–8 секцій, а секція має 8 навитих каналів, які виконані з профілю у вигляді кутника.

Сорочка охолодження має площу 60 м^2 , в середині якої поверхня складається з змійовика 9 діаметром 0,6 м та висотою 2,400 м. Надлишковий робочий тиск ферментатора – 0,25 МПа, стерилізація здійснюється при 130–140 °С. При вирощуванні мікроорганізмів, у середині ферментатора тиск – 50 кПа; стерильне повітря до $1 \text{ м}^3/\text{хв}$ – витрати. Заповнення рідиною апарату на висоту – 5...6 м за висоти апарату, що більше 8 м.

Торцеві ущільнення вала забезпечують стерильність процесу. Вони розраховані на роботу за тиску – 0,28 МПа та не нижче 2,7 кПа – залишкового тиску і температури у межах 30–250 °С при кількості обертання вала, що становить до 500 об/хв. Торцеві ущільнення забезпечують запобігання витікання середовища чи попадання повітря у апарат біля вала.

Матеріал ущільнення – Х18Н10Т і Х17Н13М2Т, або ВТ-10. Час безвідмовної роботи ущільнення – 2000 год за ресурсу роботи 8000 год.

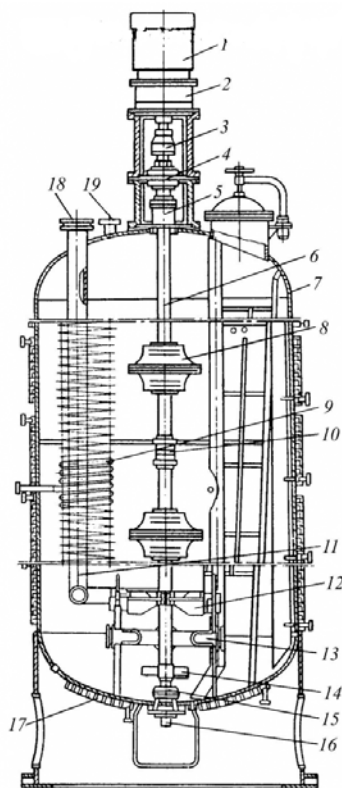


Рис. 1.3 Ферментатори барботажного типу з механічним перемішуванням

Циліндричний ерліфтний ферментатор

Ферментатор циліндричний ерліфтний –безперервне вирощування дріжджів на середовищі сусла, яке є побічним продуктом гідролізно-дріжджового виробництва. Апарат – сталевий зварений корпус 1 з днищем у формі усіченого конуса та кришкою конічної форми з отвором у центрі.

Чотири дифузори 7 встановлені усередині апарату, які створюють чотири самостійно циркулюючих потоку. Через колектор 2 кожного дифузора подається стиснене повітря у центральні труби, на кінці дифузора є конус і кювету.

Передбачено розподільний бачок на кришці апарату у який подається бражка, сусло, дріжджі і аміачна вода через штуцери 3, 4 і 5. Ці складові, змішуючись, утворюють, поживне середовище, що потоком по трубопроводах діаметром 0,1 м подається вниз, в кювети пристроями аерації. Живильне середовище переливається через край кювети, змішуючись з повітрям, яке надходить через отвори, що розташовані під кюветою. Повітряно-рідинна емульсія, що утворилась, піднімається у верхню частину по дифузору на відбійник 6, а потім руйнується і стікає у низ. Для охолодження стінок апарату зовні, встановлений колектор зрошення.

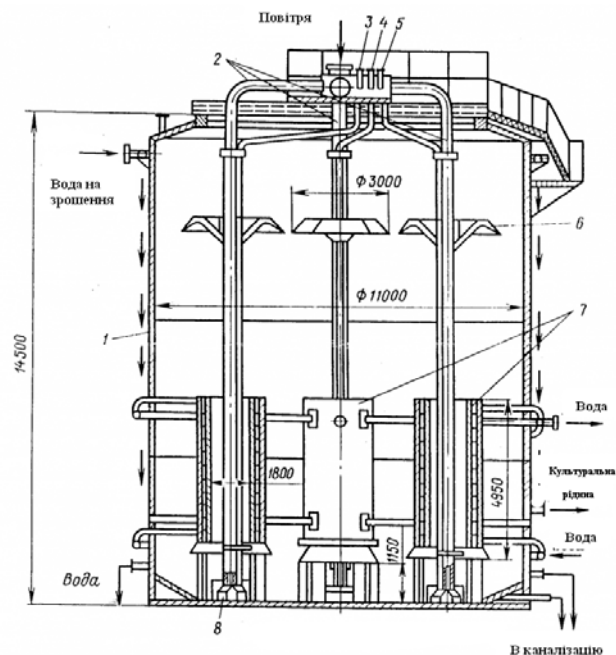


Рис. 1.4 Ферментатор циліндричний ерліфтний

Технічні характеристики

Таблиця 1.1

Об'єм ферментатора, м ³	320	500	600	1300
Продуктивність, м ³ /год	20–30		30–35	55–62
Середовище, рН	4,5		3,5–4,5	4,2–4,5
Кількість повітря, м ³ /год	< 5000	9000	14000...16000	18000
Тиск повітря надлишкове, МПа	0,6	0,75	0,4	0,6
Площа охолодження сорочки дифузора, м ²	30,0	50x3 = 150	58	50x4 = 200
Габаритні розміри, мм	5700x13350	7600x11200	7400x14175	11000x14500

Ферментатор періодичної дії

1 – турбінна трьохярусна мішалка, 2 – змійовик охолоджуючий, 3 – сорочка секційна, 4 – перегородка відбивна, 5 – барботер; I–XI – трубопроводи з запірно-регулюючими пристроями для матеріальних потоків, I – лінія посіву, II – подача стиснутого стерильного повітря, III – подача пари, IV – відпрацьоване повітря, V – лінія завантаження, VI – лінія для введення добавок, VII – подача піногасника, VIII – миючий розчину, IX – пробовідбірник, X – вихід продукту, XI – відведення в каналізацію через нижній спуск.

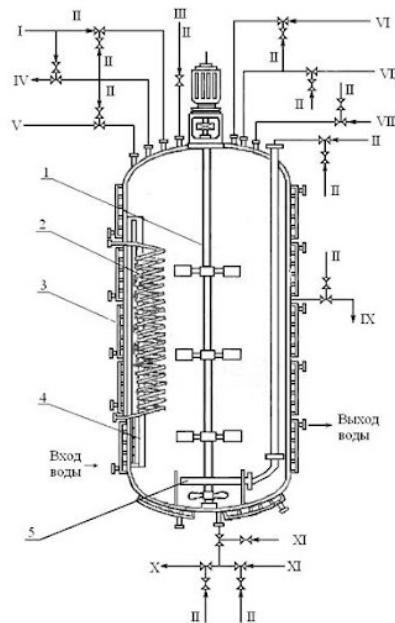


Рис.1.5 Ферментатор періодичної дії

Ерліфтий ферментатор

У даному ферментаторі механічне перемішування відсутнє, що дозволяє забезпечити асептичні умови в середині апарату. По трубі, що розташована вертикально в ферментаторі подається повітря для аерації середовища. Вихровий рух повітря, що виходить, забезпечується аератором, який розташований з низу дифузора та забезпечує насичення живильного середовища повітрям. Суміш, що утворилась, піднімається вгору по дифузору та здійснює переміщення через краї зверху. Ця зона забезпечує відведення частини повітря з апарату, а щільніше середовище рухається вниз у кільці між дифузором та корпусом ферментатора. Це здійснюється не один раз. Біологічне тепло відводиться з ферментатора змійовиком, що встановлений всередині. У апараті також є секційна сорочка.

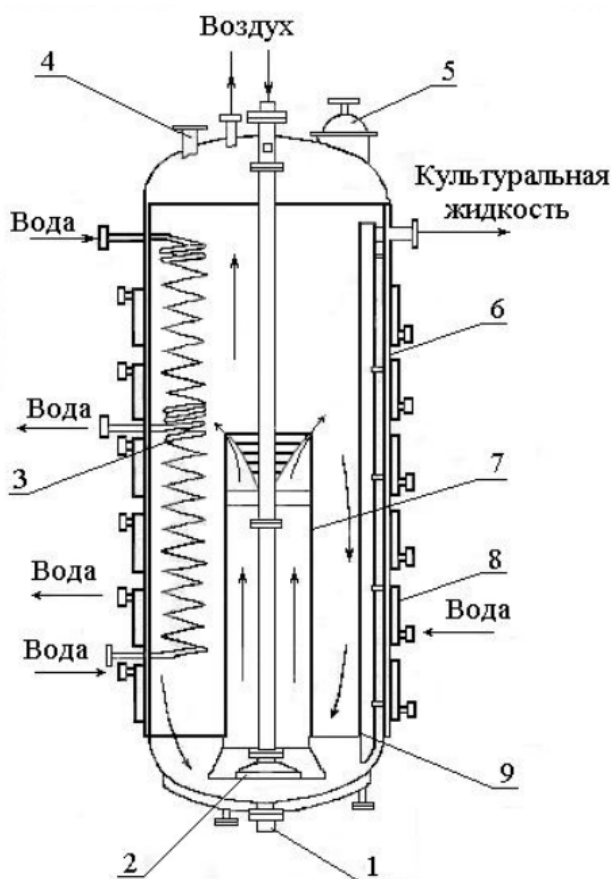


Рис. 1.6 Ферментатор з ерліфтом:

1 – зливний штуцер, 2 – аератор, 3 – змійовик для відведення тепла, 4 – завантажувальний штуцер, 5 – оглядовий люк, 6 – корпус ферментатора, 7 – дифузор, 8 – секційна сорочка, 9 – передавлювальна труба.

Ферментатор з мішалкою самовсмоктуючою безперервної дії

У фармацевтичному виробництві отримали широке поширення ферментатори мішалками, що забезпечує самовсмоктування. Це вертикальний апарат циліндричної форми, який має циркуляційні, теплообмінні і аераційні пристрої. У якості пристроїв циркуляції використані системи з направляючими дифузорами, які розділяють потоки що рухаються вгору та низ. Пристрої теплообміну виготовлені у формі трубок, що встановлені в трубні решітки дифузорів.

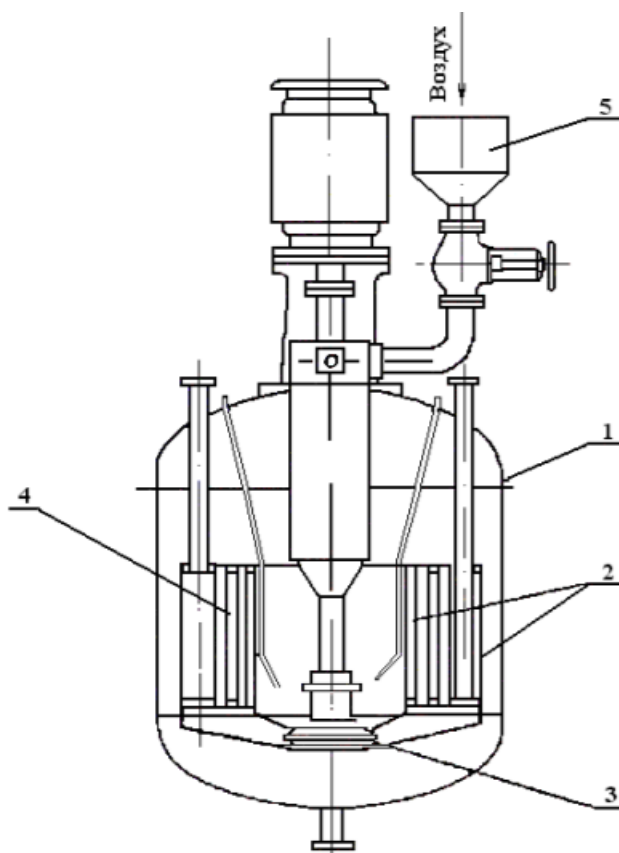


Рис. 1.7 Ферментатор з мішалкою самовсмоктування безперервної дії:
1 – корпус ферментатора, 2 – дифузор, 3 – мішалка самовсмоктуюча, 4 – трубчастий теплообмінник, 5 – фільтр

2. Техніко-економічне, соціальне обґрунтування

Перспективними завданнями, що є в харчовій промисловості – використання прогресивних і енергозберігаючих технологій виготовлення продукції.

На фармацевтичних підприємствах використовуються ферментатори з мішалками діаметром $d_m = 900$ мм та вертикальним приводом ВО-7- $\frac{50}{180}$ -1500 з типом А, електродвигун має потужністю $N_{роб} = 50$ кВт. Зменшуючи потужність електродвигуна, це дозволить значно зменшити енергозатрати, і в свою чергу забезпечить економію витрат коштів на оплату електроенергії, однак для забезпечення цього необхідно удосконалити перемішуючі пристрої.

За розмірів мішалки $d_m = 900$ мм потужність перемішування буде $N_{роб} = 49,7$ кВт. Припускаючи, що діаметр мішалки буде зменшеним, то і відповідно потужність на перемішування – меншою, а також ми отримаємо турбулізацію потоку кращу, що забезпечить підвищення якості насичення киснем рідини.

Тому, з припущень конструктивних, для ефективнішого забезпечення перемішування приймемо шестилопатеву турбінну мішалку спарену (дві мішалки на одному валу) з діаметром $d_m = 0,8$ м.

Швидкість мішання 130 об/хв. найкраще підходить для пліснявих грибів – підбираємо мотор-редуктор вертикальний МПО1М-10. Потужність електродвигуна цих мотор-редукторів – 3 кВт, що дозволить економити електроенергію.

В кваліфікаційній роботі виконано відповідні розрахунки та конструктивні рішення, що забезпечує можливість якісної модернізації ферментатора.

Модернізація ферментатора є економічною та має соціальне значення значне.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Якобчук Р. Л.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Золотаревич С.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Техніко-економічне, соціальне обґрунтування	19-1685.КР.02.002 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/1

3. Характеристика вихідної сировини і готового продукту

Гриби плісняві – це є різні види грибкових організмів, що утворюють наліт (цвіль) на поверхні продуктів харчування, ґрунті або рештках органічного походження.

Плісняві гриби, як і бактерії, позбавлені хлорофілу і належать до нижчих рослинних організмів – еукаріотів. Через свою нездатність самостійно здійснювати фотосинтез, тобто створювати органічні речовини з вуглекислого газу для свого розвитку гриби потребують готових органічних речовин. Їм необхідний і кисень повітря. Представників відділу гриби поділяють на макро- і мікроміцети (або макрофіти і мікрофіти). Макроміцети утворюють великі плодові тіла (наприклад, їстівні гриби), що відсутні у мікроміцетів. Мікроміцети відомі як плісняві гриби.

У своїй діяльності, для отримання продуктів харчування та препаратів лікарських (антибіотиків, вітамінів і інше), людина використовує певні види грибів.

У навколишнє середовище деякі види пеніцилу виділяють антибіотик пеніцилін. Для виробництва кислоти лимонної людина використовує один з видів пліснявих грибів, а також для виробництва твердих сирів, що має гострий смак та специфічний запах. У хлібопеченні для додання продукції пористості використовуються спеціальні грибні дріжджі. Вони збагачують хлібобулочну продукцію і хліб мікроелементами, поживними речовинами. На деяких хлібобулочних заводах в продукцію додають так званий «грибний солод», який покращує смакові якості готових виробів.

Для посилення росту у рослин використовують інші видів пліснявих грибів з яких отримують спеціальні речовини. За їхньою допомогою, Наприклад, збільшення розміру ягід винограду безнасінних сортів.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Якобчук Р. Л.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Золотаревич С.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Характеристика вихідного матеріалу і готової продукції	19-1685.КР.02.003 ПЗ				
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/2	

При вирощуванні пліснявих грибів в рідині живильних середовищ приймають апарати – ферментатори, в яких враховується інтенсивність середовища, що переміщується і відвід біологічного тепла.

4. Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи обладнання

Будова та принцип роботи обладнання

Культури грибів, що розвиваються споживають повітря, яке є розчиненим у рідкому середовищі. Якість розчинення повітря залежатиме від площі поверхні контакту рідкої та газової фаз, також його тривалості. Допустимі величини цих значень досягаються при подрібненні повітря, що подається в живильне середовище та якісному механічному перемішуванню. За механічного перемішування набувається додаткове подрібнення бульбашок повітря.

Щоб запобігти потрапляння в ферментатор інфекцій у процесі вирощування культури грибів необхідно забезпечити в апараті надлишковий тиск – 0,15...0,25 МПа. Це необхідно враховувати при виборі устаткування для нагнітання повітря для аерації.

На рисунку 4.1 представлений ферментатор об'ємом 40 м³, що має вертикальний циліндричний корпус з еліптичним днищем. У корпусі апарата 1 розміщений вал 4 з турбінними мішалками. Обертання валу здійснюється від електродвигуна.

Щоб забезпечити аерацію, в нижній частині апарата встановлений кільцевий барботер 5 з 12 трубками розміщеними променями. У середині корпусу розташовані 4 відбійні перегородки, що забезпечують турбулізацію потоку середовища та запобігають круговому руху його з утворенням воронки.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Якимчук Р. Л.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Золотаревич С.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Будова та принцип роботи обладнання. Опис запропонованого технічного рішення	19-1685.KP.02.004 ПЗ				
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/3	

Зовні корпус ферментатора оснащений сорочкою охолодження, що забезпечує відведення тепла, утворене культурою мікроорганізмів грибів, які розмножуються. Датчик температури забезпечує контроль і регулювання температури живильного середовища, що вставлений у гільзу 14.

Перемішувачий пристрій – це диск, розташований на вал, який обертається і до нього прикріплені 6 лопатей, що забезпечують розсікання рідини і забезпечуючи рух частинок за складною гвинтовою траєкторією.

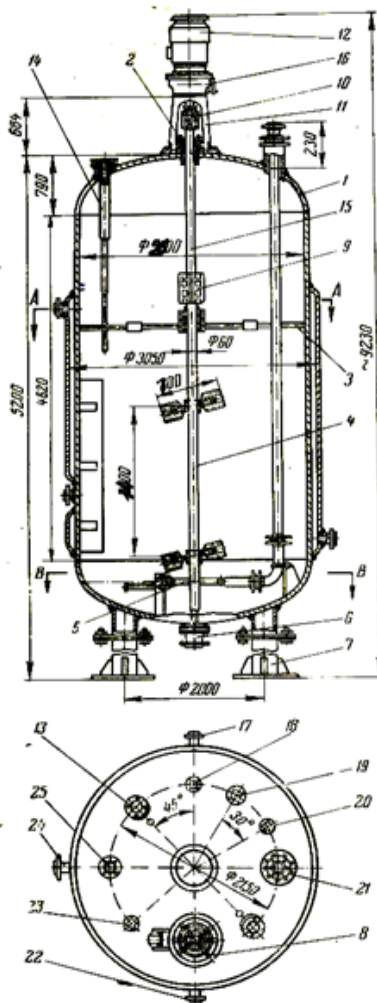


Рис.4.1 Ферментатор барботажного типу об'єм 40 м³:

- 1 – корпус ферментатора; 2 – сальник ущільнення; 3 – утримуючі тяги; 4 – вал з мішалкою; 5 – барботер ферментатора; 6 – підп'ятник валу; 7 – стійка; 8 – лаз-паук діаметром 400 мм; 9 і 10 – муфти; 11 – стійка апарата; 12 – електродвигун; 13 – скло оглядове; 14 – гільза розміщення термометра; 15 – вал проміжний; 16 – редуктор привода; 17, 18 і 19 – штуцера для виходу води, для гильзи термометра і для наповнення; 20, 21 і 22 – штуцера для завантаження посівного середовища, для барботера і подачі води; 23, 24 і 25 – штуцера для манометра, виходу повітря і відбору проб.

Барботер це кільцевий трубопровід з 12 промінеподібними трубками, направлених по радіусам. У кожній з яких зроблено по 100 отворів діаметром 1,5 мм та розміщених знизу по радіусу, що утворюють кут 30° до вертикальної вісі. Щоб запобігти застоювання рідини у барботері, трубки закріплені до кільцевого трубопроводу по твірній.

Опис запропонованого технічного рішення

Удосконалення ферментатора (рис. 4.2) полягає в встановленні другого валу з двома мішалками, що розміщені у послідовності одна від одної. Перемішуючі пристрої (мішалки) розвернуті дзеркально іншим на одному валу. Це забезпечить зменшенню тривалості на перемішування у межах 25...30% пліснявих грибів.

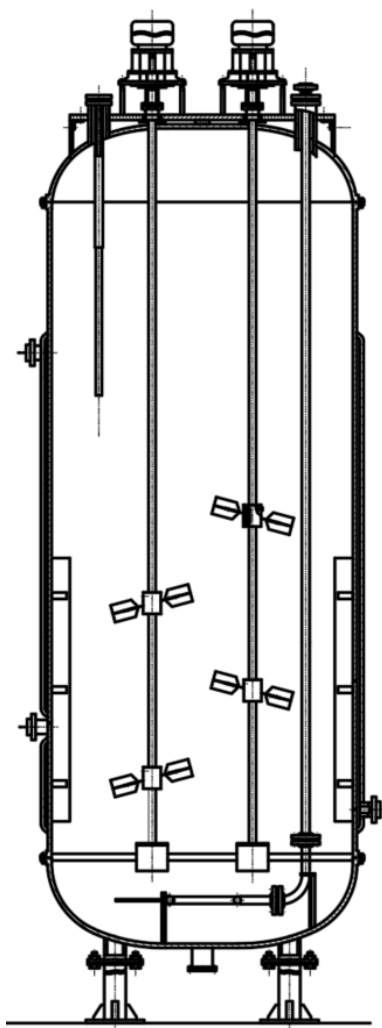


Рис.4.2 Ферментатор барботажного типу – модернізований

5. Вибір конструкційних матеріалів

Корозійностійка сталь – це є сплави заліза з хромом і іншими легуючими елементами: нікель, титан, молібден, вольфрам, ніобій та ін. Вони забезпечують сталі необхідні фізико-механічних властивостей. Опір корозії вище чим більший вміст хрому в сталі. За вмісту хрому >12% сплав стає нержавіючим у звичайних умовах та слабо агресивних середовищах, а коли >17% – корозійностійким.

П'ять категорій за структурою корозійностійкості сталі: дуплексні, аустенітні, жароміцні, феритні, мартенситні.

За своїми властивостям, для ферментатора підходять найбільш корозійностійкі аустенітні сталі. Так як вони мають високий вмісту хрому (18%) та відповідно мають ступінь корозійної стійкості високу.

Хоча, корозійностійкі сталі є значно дорогим металом, однак за тривалістю своєї довговічної роботи є найбільш вигідними відносно простих вуглецевих сталей, так як мають період своєї роботи довгий.

Тому, для ферментатора обираємо корозійностійку аустенітну сталь – 12X18H10T (AISI 321) за ДСТУ 4738:007, склад (у відсотках): вуглець $\leq 0,12$; кремній $\leq 0,8$; марганець $\leq 2,0$; нікель – 9...11; хром – 17...19; титан – 0,8...1,6; залізо – основне; домішки: фосфор $< 0,035$; сірка $< 0,02$.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Якобчук Р. Л.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Золотаревич С.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Вибір конструкційних матеріалів	19-1685.КР.02.005 ПЗ				
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/1	

6 Розрахункова частина

6.1 Конструктивний розрахунок

Необхідно визначити основні енергетичні і конструктивні показники ферментатора об'ємом $V=40 \text{ м}^3$, призначеного для вирощування культур пліснявих грибів в штучній середовищі за наступними параметрами:

$$\text{Маса об'ємна } \rho = 1065 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

$$\text{Динамічна в'язкість } \mu=0,00153 \text{ н}\cdot\text{сек}/\text{м}^2.$$

$$\text{Теплоємність } c=4186 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{град}).$$

$$\text{Коефіцієнт теплопровідності } \vartheta =0,6 \text{ ват}/(\text{м}\cdot\text{град}).$$

$$\text{Тиск робочий (стерилізація паром) } 196,2 \text{ кн}/\text{м}^2 = 196,2 \text{ МПа}.$$

$$\text{Коефіцієнт заповнення апарата } K=0,625.$$

$$\text{Робочий об'єм апарату } V_p=V_{\text{заг}}\cdot K=40\times 0,625=25 \text{ м}^3.$$

$$\text{Діаметр апарату внутрішній } D_{\text{вн}}=3,0 \text{ м}.$$

Днища еліптичні апарату:

$$\text{внутрішній діаметр } D_{\text{вн}}=3,0 \text{ м};$$

$$\text{висота випуклої частини } h_v=0,75 \text{ м};$$

$$\text{висота відбортівки } h=0,04 \text{ м};$$

$$\text{товщина днища } S=0,012 \text{ м}.$$

Об'єм ферментатора повний

$$V_p=V_{\text{ц}}+2V_{\text{дн}}=40,0 \text{ м}^3 \quad (6.1)$$

Циліндрична частина ферментатора, об'єм

$$V_{\text{ц}}= V_p-2V_{\text{дн}}, \quad (6.2)$$

де $V_{\text{дн}}$ – об'єм еліптичних частин днищ; $V_{\text{дн}}=3,8190 \text{ м}^3$.

Циліндрична частина ферментатора, висота H ,

$$H_{\text{ц}}=\frac{V_{\text{п}}-2V_{\text{дн}}}{F} = \frac{40-2\times 3.819}{0,785\cdot 3^2}=6,57 \text{ м}, \quad (6.3)$$

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Якимчук Р. Л.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Золотаревич С.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Розрахункова частина	19-1685.KP.02.006 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/9

де F –переріз ферментатора по внутрішньому діаметрі – площа; $F=0,785 D_{\text{вн}}^2$.

Висота ферментатора загальна:

$$H_{\text{заг}}=H_{\text{ц}}+2(h_{\text{в}}+h)=6,570+2(0,750+0,04)=8,150 \text{ м.} \quad (6.4)$$

6.2 Розрахунок ферментатора на механічну стійкість

По завершенню кожного циклу з вирощування культури пліснявих грибів ферментатор миють ретельно парою з надлишковим тиском $p=3$ атм. ($t=142.9^{\circ}\text{C}$), або $p=3\cdot 98,1=294,3$ МПа. Тому, його елементи необхідно розраховувати на механічну стійкість. Для кращих умови вирощування пліснявих грибів маточники повинні бути з корозійностійкої сталі.

Товщина S стінки циліндричної обичайки визначають за формулою

$$S_{\text{ц}}=\frac{p \cdot D_{\text{вн}}}{230 \cdot \varphi \cdot \sigma_{\text{доп}} - p} + C = \frac{3 \cdot 3000}{230 \cdot 0,9 \cdot 117 - 3} + 3 = 6,72 \text{ мм} \quad (6.5)$$

де –робочий тиск розрахунковий;

φ – коефіцієнт міцності швів зварних; $\varphi = 0,9$;

$\sigma_{\text{доп}}$ – допустима напруга міцності матеріалу стінки за температури до 200°C ;

$$\sigma_{\text{доп}} = 1107 \cdot 9,81 \cdot 10^6 = 115 \text{ МН/м}^2$$

C – надбавка до товщини стінки на ерозію, корозію та мінусовий допуск товщини листа металу, що використовується для виготовлення посудин, які працюють під тиском; $C = 3,0$ мм.

Для зварного шву на стикові з днищем з товщиною стінки $12,0$ мм приймаємо $S_{\text{ц}}=10,0$ мм.

Перевірка гідравлічна ферментатора здійснюється при тискові

$$p_{\text{г}}=(p_{\text{р}}+2) \cdot 0,0981=(3+2) \cdot 0,0981=0,490 \text{ МПа.} \quad (6.6)$$

До цього тиску також додається і гідростатичний тиск стовпа рідини, що використовується в обладнанні при випробуванні.

Гідростатичний тиск рідини при $H_{\text{р}}=6,2$ м.

$$p_{\text{р}}=0,01 \times H_{\text{р}}=0,01 \times 6,20=0,062 \text{ МН/м}^2. \quad (6.7)$$

Тому,

$$P_v = p_r + p_p = 0,490 + 0,0620 = 0,552 \text{ МПа.} \quad (6.8)$$

При гідравлічному випробуванні обладнання допустима напруга матеріалу повинна задовольняти умову згідно з формули

$$\sigma = \frac{(300 + (1 - 0,3)) \cdot 5,62}{2(1 - 0,3) \cdot 0,9} \cdot 0,0981 = 131,54 \text{ МН/м}^2 \quad (6.9)$$

$$\sigma < \frac{\sigma_T}{1,2} = \frac{236}{1,2} = 196,2 \text{ МН/м}^2, \quad (6.10)$$

де $S = 10,0$ мм – товщина стінки, що прийнята;

σ_T – межа текучості матеріалу, для сталі Ст.3 $\sigma_T = 236 \frac{\text{МН}}{\text{м}^2}$.

Міцність стінки ферментатора при гідравлічному випробуванні, відповідно, не порушиться.

Товщина днищ знаходиться за формулою:

$$S_{\text{дн}} = \frac{p \cdot D_{\text{вн}}}{400 \cdot K \cdot \sigma_{\text{доп}} \cdot \varphi - p} \cdot \frac{D_{\text{вн}}}{2h_v} + C = \frac{3000 \cdot 3}{400 \cdot 0,867 \cdot 11,7 \cdot 1 - 3} \cdot \frac{3000}{2 \cdot 750} + 3 = 9,4 \text{ мм} \quad (6.11)$$

Безрозмірний коефіцієнт, враховуючий ослаблення днища отвором найбільшого діаметра,

$$K = \frac{d}{D_{\text{вн}}} = 1 - \frac{400}{3000} = 0,867 \quad (6.12)$$

де d – діаметр оглядового лазу в днище, $d = 0,4$ м.

Відповідно до конструктивних вимог, днища еліптичні із внутрішнім діаметром $D_{\text{вн}} = 3000$ мм мають мінімальну товщину стінки $0,012$ м. Для забезпечення жорсткості конструкції ферментатора, приймаємо $S_{\text{ц}} = 0,010$ м.

Допустимий максимальний діаметр неукріплених отворів у циліндричній частині апарату не повинен бути більшим за розмірів, розрахований по формулі

$$d_{\text{ц}} = 8,1 \sqrt[3]{D_{\text{вн}} (S_{\text{ц}} - C_{\text{ц}}) (1 - K)} = 8,1 \sqrt[3]{3000(10 - 3)(1 - 0,478)} = 174 \text{ мм} \quad (6.13)$$

Розрахуємо коефіцієнт K

$$K = \frac{D_{\text{вн}} \cdot p}{(230 \cdot \sigma_{\text{доп}} - p) \cdot (S_{\text{ц}} - C_{\text{ц}})} = \frac{3000 \cdot 3}{(230 \cdot 11,7 - 3)(10 - 3)} = 0,478 \quad (6.14)$$

де $C_{\text{ц}}$ – надбавка до розрахункової товщини стінки апарата; $C_{\text{ц}} = 3$ мм.

В циліндричному корпусі апарата всі отвори діаметром меншим за 0,174 м, такий діаметр можна виконувати без укріплень. Максимально допустимий діаметр отворів, що не укріплені, у днищах випуклою формою розраховують за формулою:

$$d_{\text{дн}} = 0,95 \cdot D_{\text{вн}} (1 - K_1) = 0,95 \cdot 3000(1 - 0,565) = 1240 \text{ мм.} \quad (6.15)$$

Значення коефіцієнта K_1 розраховують за формулою:

$$K_1 = \frac{p}{400 \sigma_{\text{доп}}} \left[\frac{D_{\text{вн}}}{(S_{\text{дн}} - C_{\text{дн}})} \cdot \frac{D_{\text{вн}}}{2h_{\text{в}}} - 1 \right] = \frac{3}{400 \cdot 11,7} \left[\frac{3000}{(12 - 5)} \cdot \frac{3000}{2 \cdot 750} - 1 \right] = 0,565. \quad (6.16)$$

Отвори у днищах ферментатора, що розраховується, мають діаметри, менші ,0124 м, тому, вони допустимі.

6.3 Розрахунок корпусу ферментатора на зовнішній тиск

Для відведення теплоти, що виділяється культурою мікроорганізмів, в сорочку подається вода під тиском 0,0981 МПа. Тиску може вплинути на корпус, утворюючи деформації. Буде зроблений перевірочний розрахунок корпусу апарату на стійкість конструкції проти деформації.

Робочий тиск води в сорочці $p=0,0981$ МПа бути повинне меншим за критичний тиск $p_{\text{кр}}$, за якого циліндрична форма апарату стає нестійкою і відбувається деформація. Приймається чотирьохкратний запас на стійкість форми посудини для вертикальних циліндрів. За робочого надлишкового тиску в сорочці $p_{\text{кр}} = p \cdot 4 = 0,0981 \cdot 4 = 0,3924$ МПа.

Товщина стінки посудини, що піддається впливу зовнішнього тиску

$$S = r \sqrt{\frac{p_{\text{кр}} 4(1 - \mu^2)}{E}} = 151 \sqrt{\frac{0,3924 \cdot 4(1 - 0,3^2)}{2069910}} = 0,635 \text{ мм} \quad (6.17)$$

де r – середній радіус циліндра;

$$r = \frac{D_{\text{вн}} + 2S}{2} = \frac{302}{2} = 1510 \text{ мм;} \quad (6.18)$$

$\mu = 0,30$ – коефіцієнт Пуасона і $E = 2069910$ МПа – модуль пружності для вуглецевої сталі.

Прийнята, таким чином, товщина стінки $S = 0,010$ м забезпечуватиме стійкість форми апарату.

6.4 Тепловий розрахунок ферментатора

Наприклад, склад завантаження, що надходить в робочий об'єм ферментатора при культивуванні пліснявих грибів, наведено у таблиці 6.1.

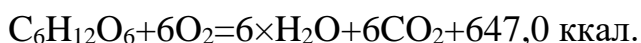
Таблиця 6.1.

Кількість компонентів в кг, що завантажуються у ферментатор на 1 м^3 його об'єму

Кукурудзяна мука.....	60
Можлива заміна	
а) крохмалем.....	60
б) паростками солодовими.....	10
Натрій азотокислий	9,1
Калій хлористий	0,5
Магній сіркокислий	0,5
Калій фосфорнокислий	1,0

При перерахунку на цукор у поживному середовищі, яке знаходиться в апараті, за крохмалистості муки $K_{кр} = 68\%$ ми отримаємо: а) крохмалу $1500 \cdot 0,68 = 1020,0$ кг; б) цукру $1,11 \cdot 1020,0 = 1120,0$ кг, де 1,11 – коефіцієнт переведення крохмалю в глюкозу.

Під час розвитку пліснявих грибів відбувається дисиміляція цукру, що супроводжується виділенням тепла надлишкового:



Тому, при згоранні 1-го граму на моль цукру виділяється 647 ккал тепла, чи 2820 кДж.

Маса 1-го молу цукру складає

$$12 \cdot 6 + 1 \cdot 12 + 6 \cdot 16 = 180,0 \text{ г} = 0,18 \text{ кг.}$$

Тепловиділення складає $674 : 0,18 = 3744,0 \text{ ккал} \approx 14976,0 \text{ кДж/кг}$ цукру.

Припускаємо, на основі експериментальних даних, що засвоєння цукру культурою пліснявих грибів яка розвивається проходить близько за 24 год. Щоб спростити розрахунки приймаємо рівномірність проходження тепловиділення у цей період. Відповідно, годинна кількість палива біологічного, що виділяється грибами:

$$Q_{\text{год}} = \frac{1120 \cdot 674}{0,18 \cdot 24} = 175000 \text{ ккал} \approx 700000,0 \text{ кДж/год.} \quad (6.19)$$

Тепло, що виділяється, відводиться водою охолодження $Q_{\text{вод}}$, повітрям $Q_{\text{пов}}$, що надходить на аерацію культури грибів та тепловипроміненням Q_5 .

Тепловий баланс ферментатора, відповідно:

$$Q_{\text{год}} = Q_{\text{вод}} + Q_{\text{пов}} + Q_5. \quad (6.20)$$

При розрахунках $Q_{\text{пов}}$ допускається не брати до уваги, тому що його величина не велика, так як повітря надходить в апарат за температури, що близька до $t_{\text{сер}} = 30^\circ \text{C}$.

Втрати тепловипромінення, що відбуваються у навколишнє середовище будемо приймати 2% від $Q_{\text{год}}$:

$$Q_5 = 0,02 \cdot 175000 = 3500 \text{ ккал} \approx 14000,0 \text{ кДж/год} \quad (6.21)$$

Тепло, яке відводиться водою,

$$Q_{\text{вод}} = Q_{\text{год}} - Q_5 = 175000 - 3500 = 171500 \text{ ккал} \approx 686000 \text{ кДж/год.} \quad (6.22)$$

Кількість води, що подається для охолодження ферментатора

$$G_{\text{вод}} = \frac{Q_{\text{вод}}}{c(t_2 - t_1)} = \frac{171500}{1(22 - 15)1000} = 24,5 \text{ т} \approx 24500,0 \text{ кг/год,} \quad (6.23)$$

Де $t_1 = 15^\circ \text{C}$ – температура води, що подається в сорочку і $t_2 = 22^\circ \text{C}$ – на виході.

Площа поверхні охолодження ферментатора

$$F = \frac{Q_{\text{вод}}}{k \Delta t_{\text{сєр}}}, \quad (6.24)$$

Де k – коефіцієнт теплопередачі від води охолодження до середовища;

$$30^{\circ}\text{C} \leftrightarrow 30^{\circ}\text{C} \Delta t_{\text{б}} = 30 - 15 = 15 \text{ град};$$

$$22^{\circ}\text{C} \leftrightarrow 15^{\circ}\text{C} \Delta t_{\text{м}} = 30 - 22 = 8 \text{ град};$$

$$\frac{\Delta t_{\text{б}}}{\Delta t_{\text{м}}} = \frac{15}{8} < 2.$$

Середня різниця температур теплоносіїв для даного випадку

$$\Delta t_{\text{сєр}} = \frac{\Delta t_{\text{м}} + \Delta t_{\text{б}}}{2} = \frac{15 + 8}{2} = 11,5 \text{ град}. \quad (6.25)$$

В апаратах з сорочками охолодження, при перемішуванні механічною мішалкою, коефіцієнт тепловіддачі від рідини, що перемішується до стінки апарату розраховують за формулою:

$$Nu = 0.36 Re^{0.67} Pr^{0.33} \left(\frac{\mu}{\mu_{\text{ст}}} \right)^{0.14}. \quad (6.26)$$

Розраховуємо критерій Нусельта, що характеризує інтенсивність тепловіддачі (поток – стінка),

$$Nu = \frac{\alpha_1 D_{\text{вн}}}{\gamma}. \quad (6.27)$$

Розраховуємо критерій Рейнольдса,

$$Re = \frac{\omega l}{\nu} = \frac{\omega l_{\text{н}}}{\mu}. \quad (6.28)$$

Критерій Рейнольдса для примушеного перемішування мішалкою

$$Re = \frac{\rho n d_{\text{м}}^2}{\mu}. \quad (6.29)$$

Критерій Прандтля, який характеризує фізичні властивості потоку,

$$Pr = \frac{3600 c_p \mu g}{\gamma}. \quad (6.30)$$

Отримуємо формулу після підстановки в неї значень критеріїв:

$$Nu = 0.36 \left(\frac{\rho n d_{\text{м}}^2}{\mu} \right)^{0.67} \left(\frac{3600 c_p \mu g}{\gamma} \right)^{0.33} \left(\frac{\mu}{\mu_{\text{ст}}} \right)^{0.14} \quad (6.31)$$

Від переміщення рідини до стінки отримаємо коефіцієнт тепловіддачі

$$\alpha_1 = 0.36 \cdot \frac{\gamma}{D_{\text{вн}}} \left(\frac{\rho n d_m^2}{\mu} \right)^{0.67} \left(\frac{3600 c_p \mu g}{\gamma} \right)^{0.33} \left(\frac{\mu}{\mu_{\text{ст}}} \right)^{0.14} =$$

$$0.36 \cdot \frac{0.516}{3} \left(\frac{106,5 \cdot 2,2 \cdot 0,8^2}{0,000153} \right)^{0.67} \left(\frac{3600 \cdot 1 \cdot 0,000153 \cdot 9,81}{0,516} \right)^{0.33} \left(\frac{0,000153}{0,000153} \right)^{0.14} =$$

$$1390 \text{ ккал} \approx 5560 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{град}) \quad (6.32)$$

де γ – коефіцієнт теплопровідності рідкої культури пліснявих грибів;
при $t = 30^\circ\text{C}$ $\gamma = 0,516$ ккал/(м·год·град);

$D_{\text{вн}}$ – діаметр внутрішній ферментатора; $D_{\text{вн}} = 3$ м;

ρ – густина культури рідкої, при $t = 30^\circ\text{C}$ $\rho = 106,5$ кг·сек²/м⁴;

n – кількість обертів мішалки, $n = 2,2$ об/сек;

d_m – діаметр мішалки, $d = 0,8$ м;

$\mu_{\text{ст}}$ і μ – в'язкість;

$\mu = \mu_{\text{ст}} = 0,000153$ кг·сек/м²;

c_p – теплоємність середовища, за $t = 30^\circ\text{C}$

$c_p = 1$ ккал ≈ 4 кДж/(кг·град).

Коефіцієнт тепловіддачі від стінки апарату ферментатора та води, що охолоджує, розраховуємо за формулою:

$$\alpha_2 = 0.023 \cdot \frac{\gamma}{D_{\text{вн}}} \left(\frac{D_{\text{вн,р}}}{D_{\text{вн,р}} - D_{\text{зовн}}} \right)^{0.45} \left(\frac{\omega_{\text{в}} D_{\text{зовн,р}}}{\mu} \right)^{0.8} \left(\frac{3600 c_{\text{мг}}}{\gamma} \right)^{0.43} = 0.023 \cdot$$

$$\frac{0,5}{3,02} \left(\frac{3,05}{3,05 - 3,02} \right)^{0.45} \left(\frac{0,0457 \cdot 3,02 \cdot 101,8}{0,00011} \right)^{0.8} \left(\frac{3600 \cdot 0,00011 \cdot 0,9995 \cdot 9,81}{0,5} \right)^{0.43} = 900 \text{ ккал} \approx$$

$$3600 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{град}) \quad (6.33)$$

де γ – коефіцієнт теплопровідності, $\gamma = 0,5$ ккал/(м·год·град);

$D_{\text{зовн}}$ – діаметр корпусу ферментатора зовнішній, $D_{\text{зовн}} = 3,02$ м;

$D_{\text{вн,р}}$ – діаметр сорочки ферментатора внутрішній, $D_{\text{вн,р}} = 3,05$ м.

Швидкість переміщення води у сорочці апарату

$$\omega_{\text{в}} = \frac{G_{\text{вод}}}{3600 f_{\rho}} = \frac{24,5}{3600 \cdot 0,785 \cdot (3,05^2 - 3,02^2) \cdot 0,999} = 0.0457 \text{ м/сек} \quad (6.34)$$

Де f – площа живого перерізу сорочки, $f = 0,785(D_{\text{вн,р}}^2 - D_{\text{зовн}}^2)$;

ρ – густина води, при $t_{\text{сер}} = 15,5^\circ\text{C}$ $\rho = 0,999$ т/м³

$$\rho = \frac{\delta}{g} = \frac{999}{9,81} = 101,83 \text{ кг} \cdot \text{сек}/\text{м}^2. \quad (6.35)$$

c – теплоємність води, $c=0,9995$ ккал ≈ 3.998 /(кг·град);

μ –динамічна в'язкість води, $\mu = 0,00011$ кг · сек/м².

При середній температурі приймаємо теплофізичні параметри води

$$t_{\text{сер}} = \frac{15+22}{2} = 17,5^\circ\text{C}. \quad (6.36)$$

Коефіцієнт теплопередачі від середовища до води охолодження

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{S}{\gamma} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{1390} + \frac{0,01}{50} + \frac{1}{900}} = 495 \text{ ккал} \approx 1980 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{град}) \quad (6.37)$$

де S – товщина стінки, $S = 0,1$ м;

γ –теплопровідність стінки ферментатора,
 $\gamma = 50$ ккал/(м² · год · град) .

Коефіцієнт теплопередачі для розрахунку приймаємо
 $k = 495$ ккал ≈ 200 кДж/(м² · год · град) .

Площа поверхні охолодження сорочки ферментатора буде

$$F = \frac{Q_{\text{вод}}}{k \Delta t_{\text{сер}}} = \frac{171500}{495 \cdot 11,5} = 30,1 \text{ м}^2, \quad (6.38)$$

При діаметрі корпусу ферментатора $D_{\text{зовн}} = 3,02$ м висота сорочки

$$H_{\text{зовн}} = \frac{F}{\pi D_{\text{зовн}}} = \frac{30,1}{3,14158 \cdot 3,02} = 3,1 \text{ м}. \quad (6.39)$$

7. Технологічний маршрут виготовлення деталі

Вибір деталі та обґрунтування вибору матеріалу

Ферментатори – це пристрої, які дозволяють проводити хімічні процеси в строго контрольованих умовах. Під умовами проведення реакції розуміють: температура, тиск, швидкість перемішування, швидкість подачі реагентів і т.д. При цьому управління процесами повинно здійснюватися ефективно і безпечно.

Втулка – деталь на яку кріпиться мішалка, а потім на вал. Втулка передає оберти вала на мішалку.

Виходячи з аналізу характеристик середовища, в якому працює втулка, та усіх факторів які впливають на нього, враховуючи властивості матеріалів для виготовлення даної деталі, найкраще підходить аустенітну нержавіючу сталь марки 06X18H10T.

Нержавіюча сталь – це сплав заліза з хромом та інших легуючих елементів таких як нікель, титан, молібден, вольфрам, ніобій та ін., які надають сталі необхідних фізико-механічних властивостей та корозійної стійкості. Чим більший вміст хрому в сталі, тим вище опір корозії. При вмісті хрому більше 12% сплав є нержавіючим в звичайних умовах і слабо агресивних середовищах, і більше 17% - корозійностійкими і в більш агресивних окисних та інших середовищах.

По структурі нержавіючі сталі підрозділяють на 5 категорій: аустенітні, феритні, дуплексні, мартенситні, жароміцні.

Конструктивним матеріалом для ферментатора, по своїм властивостям, найбільш підходять аустенітні нержавіючі сталі. Оскільки вони, за рахунок високого рівня вмісту хрому (на рівні 18%) мають високу степінь корозійної стійкості.

Хоча нержавіючі сталі вважаються дорогим металом, проте за період своєї довговічної роботи вони є більш вигідними за прості вуглецеві сталі, оскільки мають довгий період своєї роботи.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Якобчук Р. Л.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Золотаревич С.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Технологічний маршрут виготовлення деталі	19-1685.KP.02.007 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/8

Робоче креслення втулки

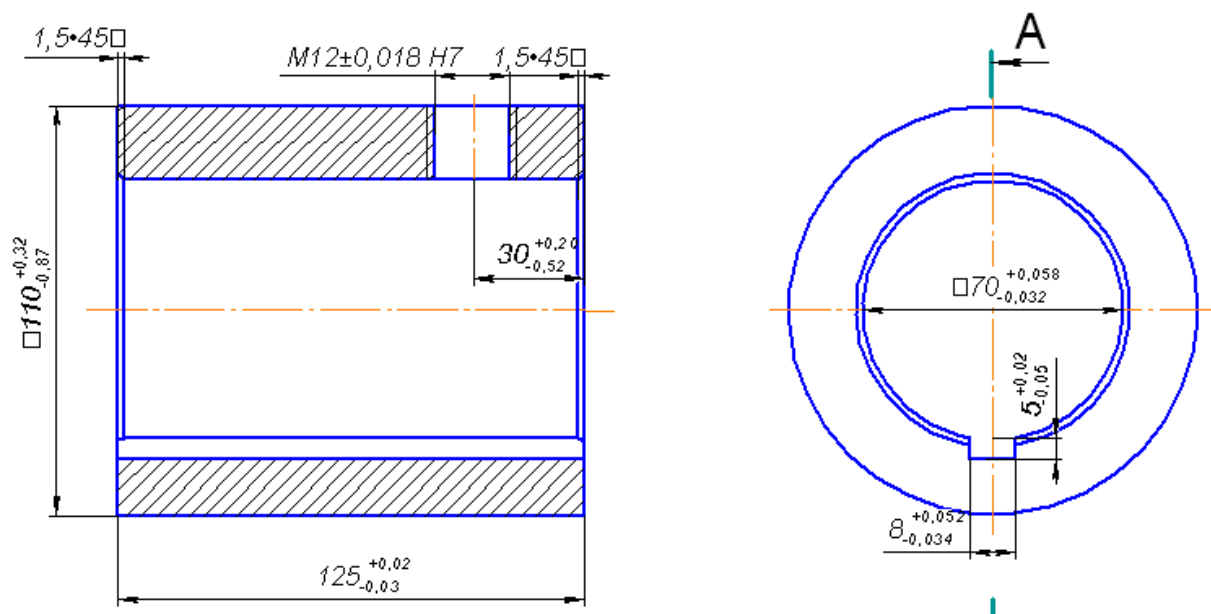


Рис. 7.1 Втулка – Сталь 06X18H10T, заготовка- литво

Технологічний маршрут виготовлення втулки

№ операції переходу	Назва операції переходу	Технологічне обладнання, пистрої, інструмент оброблювальний і контролювальний
10.0	Лиття	
10.1	Відлити заготовку	За технічною документацією литневих робіт
20.0	Токарна УЗЗ	Токарно-гвинторізний верстат 16К20
20.1	Розточувати поверхню 1, до внутрішнього Ø70 начорно	Різець розточний 2 Т5К10, ШЦ-1, трикулачковий патрон
20.2	Розточувати поверхню 1, до внутрішнього Ø70 начисто	Різець розточний 2 Т5К10, ШЦ-1, трикулачковий патрон
20.3	Торцювати поверхню 2, z=2мм	Різець прохідний відігнутий правий Т15К6 φ=45 γ=10 α=8 В*Н*L=16*25*10, трикулачковий патрон, ШЦ-1.

20.4	Зняти внутрішню фаску l=1.5 пов.3	Різець прохідний відігнутий правий Т15К6 φ=45 γ=10 α=8 В*Н*L=16*25*10, трикулачковий патрон, ШЦ-1.
30.0	Токарна УЗЗ	Токарно-гвинторізний верстат 16К20, трикулачковий патрон
30.1	Точити пов.4 до Ø110	Різець прохідний відігнутий правий Т15К6 φ=45 γ=10 α=8 В*Н*L=16*25*10, трикулачковий патрон, ШЦ-1.
30.2	Торцювати поверхню 5, z=2мм	Різець прохідний відігнутий правий Т15К6 φ=45 γ=10 α=8 В*Н*L=16*25*10, трикулачковий патрон, ШЦ-1.
30.3	Зняти внутрішню фаску l=1.5 пов.6	Різець прохідний відігнутий правий Т15К6 φ=45 γ=10 α=8 В*Н*L=16*25*10, трикулачковий патрон, ШЦ-1.
40.0	Довбальна УЗЗ	Довбальний верстат, трикулачковий патрон, упор
40.1	Довбати шпонковий паз завширшки 10Js9 глибиною 5мм пов.7	Довбач 10Js9 Р6М5, оправка під нього, ШЦ-1.
50	Свердлильна УЗЗ	Вертикально - свердлильний верстат моделі 2Н118. Кондуктор.
50.1	Свердлити отвір під М12-7Н мм. 1 отвір пов.8	Свердло Ø10,5мм, Р6М5.
50.2	Нарізати різьбу М12-7Н .	Мітчик маш.пробки М12-7Н.

Розрахунок припусків

За табл. 1 при діаметрі деталі 110 мм і довжині 125 мм береться литво Ø 114мм.

Припуск на підрізання торців становить $3 \cdot 2 = 6$ мм.

Отже, лита заготовка являється пустотілий стержень із зовнішнім Ø114, внутрішнім Ø 66 мм і довжиною 131 мм.

Мінімальний припуск на оброблення поверхні розраховується

$$\text{двосторонній} - 2Z_{i \min} = 2(Rz_{i-1} + D_{i-1} + \sqrt{Tnp_{i-1}^2 + E_{yi}^2})$$

Rz_{i-1}, D_{i-1}, Tnp - відповідно висота мікронерівностей, глибина дефектного шару і сумарне значення допуску просторових відхилень оброблюваної поверхні на попередньому ступені її оброблення;

E_{yi} - похибка установки заготовки на даному ступені оброблення.

Максимальний припуск на оброблення

$$2Zi_{\max} = 2Zi_{\min} + T_{i-1} - T_i$$

T_{i-1} - допуск розміру поверхні на попередньому ступені обробленні

T_i - допуск розміру поверхні на даному ступені оброблення

Номінальний припуск на оброблення поверхонь

$$2Zi_{\text{ном}} = \frac{2Zi_{\max} + 2Zi_{\min}}{2}$$

Максимальні припуски служать для визначення зусиль різання під час оброблення, номінальні – для визначення сумарного припуску на оброблення поверхні.

Розрахунок загального припуску кованої заготовки ведемо за найточнішим розміром ø40h7.

Припуск на чистове шліфування

$$2Z_{3 \min} = 2(Rz_2 + D_2 + \sqrt{Tnp_2^2 + E_{y3}^2})$$

Rz_2, D_2, Tnp_2 - відповідно висота мікронерівностей, глибина дефектного шару і сумарне значення просторових відхилень при чорновому шліфуванні

E_{y3} - похибка установки деталі під час чистового шліфування. $Rz_2=5$ мкм, $D_2=15$ мкм .

Під час оброблення деталі в центрах $Tnp_2=0, E_{y3}=0$.

Тоді $2Z_{3min} = 2(5 + 15) = 40$ мкм, $2Z_{3max} = 2Z_{3min} + T_2 - T_3$

T_2 - допуск при чорновому шліфуванні, $T_2 = IT8 = 39$ мкм,

T_3 - допуск при чистовому шліфуванні, $T_3 = IT7 = 25$ мкм.

$2Z_{3max} = 40 + 30 - 25 = 54$ мкм

$2Z_{3\bar{m}} = \frac{2Z_{3max} + 2Z_{3min}}{2} = \frac{54 + 40}{2} = 47$ мкм

Припуск на чорнове шліфування

$2Z_{2min} = 2(Rz_1 + D_1 + \sqrt{Tnp_1^2 + E_{y2}})$

Rz_1, D_1, Tnp_1 - відповідно висота мікронерівностей, глибина дефектного шару і сумарна просторова похибка при чистовому точінні.

E_{y2} - похибка установлення при чорновому шліфуванні, $Rz_1=10$ мкм, $D_1=20$ мкм.

При обробленні в трикулачковому патроні $Tnp_1=0, E_{y2}=0$.

Тоді $2Z_{2min} = 2(10 + 20) = 60$ мкм, $2Z_{2max} = 2Z_{2min} + T_1 - T_2$

T_1 - допуск при чистовому точінні, $T_1 = IT10 = 100$ мкм

$2Z_{2max} = 60 + 100 - 39 = 121$ мкм

$2Z_{2\bar{m}} = \frac{2Z_{2max} + 2Z_{2min}}{2} = \frac{121 + 60}{2} = 90,5$ мкм

Припуск на напівчистове точіння

$2Z_{2min} = 2(Rz_1 + D_1 + \sqrt{Tnp_1^2 + E_{y2}})$

Rz_1, D_1, Tnp_1 - відповідно висота мікронерівностей, глибина дефектного шару і сумарна просторова похибка при напівчистовому точінні.

E_{y2} - похибка устанавлення при напівчистовому точінні, $Rz_1=50$ мкм, $D_1=50$ мкм.

При обробленні в трикулачковому патроні $Tnp_1=100$, $E_{y2}=0$.

Тоді $2Z_{2min} = 2(50 + 50 + 100) = 400$ мкм, $2Z_{2max} = 2Z_{2min} + T_1 - T_2$

T_1 - допуск при чистовому точінні, $T_1 = IT13 = 390$ мкм

$2Z_{2max} = 400 + 390 - 100 = 690$ мкм

$$2Z_{2\bar{m}} = \frac{2Z_{2max} + 2Z_{2min}}{2} = \frac{400 + 690}{2} = 545 \text{ мкм}$$

Припуск на чорнове точіння

$$2Z_{1min} = 2(Rz_0 + D_0 + \sqrt{Tnp_0^2 + E_{y1}^2})$$

Rz_0, D_0, Tnp_0 - відповідно висота мікронерівностей, глибина дефектного шару і сумарна просторова похибка відливої заготовки.

Для заготовки масою від 4 до 25 кг $Rz_0=240$ мкм; $D_0=250$ мкм; $Tnp_0=1.7$ мм;

E_{y1} - похибка устанавлення при чорновому точінні.

Під час устанавлення деталі в патрон $E_{y1}=100$ мкм

$$2Z_{1min} = 2(240 + 250 + \sqrt{1700^2 + 100^2}) = 4380 \text{ мкм}$$

Загальний припуск

$$2Z_{\bar{m}} = \sum_1^3 2Z_{i\bar{m}} = 47 + 90,5 + 545 + 4380 = 5162,5 \text{ мкм}$$

Приймаємо $2Z_{сум} = 5.2$ мм.

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_M = \frac{M_{\bar{a}\bar{a}\bar{o}}}{M_{\bar{c}\bar{a}\bar{a}}} = \frac{V_{\bar{a}\bar{a}\bar{o}}}{V_{\bar{c}\bar{a}\bar{a}}} = \frac{1.557 \cdot 10^6 (\text{мм}^3)}{1.999 \cdot 10^6 (\text{мм}^3)} = 0.78$$

Операція 50, свердлильна
Перехід 50.1 Свердлити отвір ø10,5

Розраховуємо глибину різання:

$$t = \frac{D_{ce}}{2} = \frac{10,5}{2} = 5,25 \text{ мм}$$

Вибраємо діапазон подач: $S=0,11..0,13$ мм/об (табл.42)

Узгодити згідно паспортних характеристик верстату 6М81 з ряду подач $S_B=0.1, 0.14, 0.2, 0.28, 0.4, \dots$ мм/об, приймаємо $S_B=0,14$ мм/об

Вибраємо емпіричну формулу (критичної) швидкості різання чавуну (табл. 45)

$$V_c = \frac{8 \cdot d_{ce}^{0.4}}{T^{0.2} \cdot S^{0.7}} = \frac{8 \cdot 11^{0.4}}{15^{0.2} \cdot 0,14^{0.7}} = 46,4 \text{ м/хв}$$

де $T = 15$ хв. – стійкість свердла (табл. 46)

Розрахункова частота обертання шпинделя:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot d_{ce}} = \frac{1000 \cdot 46,4}{3,14 \cdot 10} = 1477,70 \text{ об/хв}$$

Узгоджуємо n_p з паспортними характеристиками верстату 2Н125, заданий ряд обертів шпинделя: $n_B = 45; 63; 90; 125; 180; 250; 355; 500; 710; 1000; 1400; 2000$ об/хв, тому в даному випадку приймаємо $n_B=1400$ об/хв

Основний час на перехід

$$t_0 = \frac{L_3}{S_g \cdot n_g} = \frac{20}{0,2 \cdot 1400} = 0,071 \text{ хв;}$$

Допоміжний час на перехід

$$t_{d1} = 0,09 \text{ (табл. 51)}$$

Допоміжний час

$$T_d = t_{d1} + t_y$$

$$T_d = 0,09 + 0,16 = 0,25 \text{ хв}$$

Оперативний час

$$T_{оп} = T_o + T_d,$$

$$T_{оп} = 0,094 + 0,25 = 0,344 \text{ хв}$$

Штучний час

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_{шт},$$

$$T_{об} = 0,015 T_{оп}, T_{шт} = 0,04 T_{оп} \quad T_{шт} = 0,005 + 0,014 + 0,344 = 0,363 \text{ хв}$$

Калькуляційний час

$$T_k = T_{шт} + \frac{T_{п.з.}}{n}$$

де $T_{пз}$ – підготовчо-завершувальний час табл. 49:

$$T_{п.з.} = T_{п.з1} + T_{п.з2}$$

$T_{пз1} = 10 \text{ хв}$ – час на одержання завдання, пристроїв і здачу по закінченні роботи;

$T_{пз2} = 3 \text{ хв}$ – час на налагодження установлення деталі в пристрої без кріплення пристрою на столі. $T_{пз} = 10 + 3 = 13 \text{ хв}$

Тоді калькуляційний час буде

$$T_k = \left(0,363 + \frac{13}{1400} \right) * 2 = 0,752 \text{ хв}$$

Норма виробітку (кількість отворів за год.)

$$N = \frac{60}{T_k} = \frac{60}{0,752} = 80 \text{ деталей}$$

8. Вимоги щодо монтажу, експлуатації та ремонту

Монтажні роботи будь-якого технологічного обладнання починається з розроблення проекту монтажних робіт. Відповідно до проекту складається графік його виконання, а потім починається монтаж.

Спочатку заливається фундамент під обладнання разом з встановленням анкерних болтів. Наступним етапом, після висихання фундаменту, є встановлення апарату.

Монтажні роботи ферментатора проводиться як монтаж посудин, що працюють під високим тиском. Спочатку здійснюється монтаж із приварювання до його верхньої частини лап для монтажу. Ферментатор встановлюється на підготовлений фундамент та закріплюється за допомогою анкерних болтів. Встановлюючи ферментатор із забезпеченням його вертикальності, щоб забезпечити нормальну та довговічну його роботу вузлів. З'єднання фланців та зварних швів обов'язково необхідно перевірити і протестувати. Перевірити прокладки та сальники на наявність та міцність.

По завершенню монтажних і зварних робіт, ферментатор необхідно ретельно оглянути. Потім заповнюється водою. При виступі вологи на зварних швах – апарат не допускається до технологічної експлуатації. Виявлені дефекти на корпусі і фланцевих з'єднаннях тоді ферментатор бракується до повного їх усунення.

Необхідно перевірити прокладки на міцність та надійність перед початком роботи.

При умові дотримання правил експлуатації посудин і апаратів, що працюють під тиском, відбувається нормальна експлуатація ферментатора. Необхідно під час роботи апарату слідкувати за температурою та тиском в середині нього.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Якимчук Р. Л.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Золотаревич С.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Вимоги до монтажу, експлуатації та ремонту	19-1685.KP.02.008 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/4

За змістом та складністю ремонт обладнання поділяються на: поточний ремонт – що в свою чергу ділиться на: малий (заміна чи ремонт тільки деталей і регулювання механізмів змінних); середній – (заміна чи відновлення деталей спрацьованих та часткове розбирання обладнання); капітальний ремонт – повне розбирання обладнання та зміною спрацьованих частин, це супроводжується модернізацією обладнання; відновний ремонт – ремонт обладнання, що повністю вийшло з ладу у випадку стихійних лих, аварій, тривалої бездіяльності.

Системою планово-запобіжних ремонтів передбачаються терміни проведення, складність і обсяг ремонту.

Апарати, посудини і балони, що працюють під тиском, широко застосовуються на різних підприємствах. Значна небезпека при їх експлуатації – руйнування їх під дією тиску робочого. Потужність руйнувань посудин може бути досить великою. Потужність вибуху посудини місткістю 1 м^3 , наприклад, що знаходиться під тиском повітря, яке дорівнює 1 МПа – 13 МВт .

Причинами аварій і вибухів посудин, які працюють під тиском, можуть бути невідповідність конструкції до максимально допустимого тиску та температурного режиму, механічна втрата міцності апарату, невідповідність встановленого режиму роботи, помилки при дії персоналу, що обслуговує, необхідного технічного нагляду відсутність.

Вимоги з безпеки, що встановлюються до конструкції, виготовлення і експлуатації обладнання, що працює під тиском, визначаються «Правилами будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском». До такого обладнання відносяться посудини, які працюють під надлишковим тиском $> 0,07\text{ МПа}$.

Ці правила не поширюються на устаткування і прилади парового та водяного опалення; на посудини об'ємом не більше 0,025 м³; на частини машин, що не є самостійними посудини, а також на деякі інші види посудин.

Обладнання, апарати, посудини на які поширюються правила Держнаглядохоронпраці (Правила ГТН), перед початком використання необхідно зареєструвати в його органах, у які підприємство надає письмову заяву, паспорт на посудини, акт про здійснення монтажних робіт, схему під'єднання посудини, де зазначається джерело тиску, параметри середовища, арматури, паспорт на запобіжний клапан з представленням розрахунку пропускної здатності його.

Інспектор ГТН видає дозвіл на пуск посудини після реєстрації і технічного огляду з випробуванням.

Огляд технічний проводять перед пуском в роботу, а також періодично у процесі експлуатації:

- внутрішній і зовнішній огляд – не рідше рази на чотири роки;
- гідравлічне випробування – не рідше рази на вісім років.

Посудина має бути зупинена перед внутрішнім оглядом і гідравлічним випробуванням, звільнена від продукту та від'єднано від трубопроводів, які з'єднуються з джерелом тиску чи іншим обладнанням. Необхідно ретельно очистити всю арматуру перед гідравлічним випробуванням, перевірити справність запобіжної арматури та щільність закріплення люків і кришок, здійснити промивання водою та просушити повітрям.

Температура води від 5 до 40⁰С при гідравлічному випробуванні проводиться пробним тиском.

Тривалість випробування пробним стиском становить не менше 10 хв. коли товщина стінки до 50 мм та 20 хв. – за товщини стінки 50...100 мм і 30 хв. – за товщини більше 100 мм.

Посудини, що виготовлені відливанням, витримуються тривалістю 60 хв. По зменшенню пробного тиску до робочого оглядають всі зварні з'єднання. Коли після огляду відсутні ознаки руйнування, відповідно посудина готова доексплуатації.

При деяких випадках, дозволяється гідравлічне випробування змінити на пневматичне з тиском, що рівний величині гідравлічного пробного тиску.

Після випробування, значення пробного тиску та результати заносяться у паспорт посудини. На поверхні посудини, що витримала технічну перевірку, наносять фарбою: дозволений тиск, реєстраційний номер, дату наступного огляду та випробування гідравлічного.

9. Опис система управління

Метою процесу автоматизації системи керування роботою обладнання є звільнення людини від її впливу на процес утворення, отримання, використання і передачі енергії, інформації чи матеріалів, чи значного зменшення приймання участі людини чи роботомісткості операцій, що виконуються. Автоматизація обладнання здійснюється за допомогою пристроїв, що саморегулюються. Система автоматизації дозволяє здійснити підвищення продуктивність праці, оптимізуючи управління процесом, відсторонити людину від процесу виробництва та небезпечних для здоров'я факторів.

Ферментатор барботажного типу з механічним перемішуванням має систему управління, що базується на забезпеченні рівноважної температури, рівня рідини та тиску у апараті. Контрольні прилади, за допомогою яких здійснюється це управління: термометр, вимірювач рідини та тиску в середині апарату. Для забезпечення якісного кінцевого продукту, необхідно здійснювати належний контроль за показниками. Щоб полегшити умови роботи оператора апарату ферментації, пропонується обладнати його автоматичними контролерами та регуляторами тиску і температури.

Пропонується встановлення автоматичного температурного датчика регулювання температури гарячої та холодної води, забезпечуючи відведення біологічного тепла з апарату.

Для регулювання роботи нагрівача повітря, що в середині ферментатора, та забезпечення сталого тиску, пропонується встановлення датчика тиску.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Якобчук Р. Л.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Золотаревич С.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Опис система управління	19-1685.KP.02.009 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/1

10. Заходи щодо охороні праці

Аналіз виробничого травматизму

Розроблені заходи запобігання на підприємстві нещасних випадків з метою дослідження виробничого травматизму. Тому, потрібно проводити систематичне аналізування та узагальнення цих причини. Різні методи використовують для вивчення виробничого травматизму. Поширені – статистичний, монографічний, економічний і інші.

У цехах де знаходяться ферментатори виробничий травматизм виникає за рахунок неуважності та недбалості робітників. Однак є і випадки руйнування конструкції обладнання. Такі як зривання болтів, руйнування оглядових люків та кришок, зварного шва, а за різкого збільшення тиску стається вибух.

Заходи з охорони праці фінансуються з фонду охорони праці, що утворюється на підприємстві та складає 0,50 % від фонду заробітної плати, також відрахування зі штрафів, накладених технічними інспекторами чи спонсорська допомога.

Мікроклімат виробничих приміщень повинен відповідати вимогам стандарту ДСН 3.3.6.042-99.

Для постійних робочих місць, оптимальні умови мікроклімату наведені у таблиці 10.1.

Значення температури поверхонь робочої зони таких як: підлога, стіни, стеля; технологічного обладнання, огорожуючи конструкцій, зовнішніх поверхонь не повинна виходити за $>2^{\circ}\text{C}$ оптимальних значень температур повітря для конкретної категорії робіт.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Якимчук Р. Л.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Золотаревич С.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Заходи щодо охорони праці	19-1685.КР.02.010 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/5

Оптимальні умови мікроклімату, такі як температура повітря 22...24 °С, при відносній вологості 60...40% і швидкості руху повітря не > 0,1м/с, для виконання робіт, що пов'язані з нервово-емоційним напруженням у пультах і постах керування технологічними процесами, кабінетах, у залах комп'ютерної техніки і інших приміщень.

Таблиця 10.1

Пора року	Категорія важкості робіт	Температура оточуючого повітря	Відносна вологість повітря	Швидкість повітря, м/с
Період року холодний	Легка Іа	22...24	60...40	0,1
	Легка Іб	21...23		0,1
	Середньої важкості Іа	19...21		0,2
	Середньої важкості Іб	17...19		0,2
	Важка ІІІ	16...18		0,3
Теплий період року	Легка Іа	23...25		0,1
	Легка Іб	22...24		0,2
	Середньої важкості Іа	21...23		0,3
	Середньої важкості Іб	20...22		0,3
	Важка ІІІ	18...20		0,40

Вміст шкідливих речовин у повітрі зони роботи повинен бути мінімальний. Ферментатори розташовані у приміщенні, що за ступенем впливу на людину, можна віднести до 4 класу, тобто малонебезпечні.

Санітарні нормами, за якими проєктується підприємств, повинні відповідати ГОСТу 12.1.005-88 «Повітря робочої зони» і встановлюють гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин.

Система вентиляції у виробничому приміщенні повинна відповідати вимогам нормативних документів (СНіП 2.04.05-91). У приміщенні розташування ферментатора передбачена припливно-витяжна загальнообмінна вентиляція, вона застосовується у випадку розподілення шкідливих речовин і тепла по усьому об'ємі приміщенні.

Освітлення

Освітлення у цеху розташування ферментатора спроектоване відповідно до державних стандартів і відповідає їм – ГОСТ 12.0.003-74. Використовується бокове природне і штучне загальне освітлення. Освітлюють приміщення – люмінесцентні лампи, а охоронне освітлення забезпечують – лампи розжарювання. Евакуаційне освітлення забезпечується інтенсивністю у межах 2...5 Лк.

Шум, вібрації та методи боротьби з ними

Ферментатори, пінопогасники, мішалки є джерелом шуму у цеху. Для зменшення та усунення шуму при роботі машин і апаратів – це удосконалення їх конструкцій чи застосування звукопоглинання, шумоізоляції і інших заходів. Навушники, біруші використовуються для індивідуального захисту робітників. Допустимі рівні шуму: звуковий тиск – 83 Дб, звук – 85 Дб.

Устаткування, що має деталі, які швидко обертаються, створюють вібрацію. Для усунення цього явища необхідно нормальне балансування деталей та встановлення гумових прокладок між обладнанням та фундаментом.

Пожежна безпека

Цех де відбувається процес ферментації за вибухо- та пожежобезпеці відноситься до категорії В і класу вибухо- та пожежонебезпеки П–П.

Для запобігання та гасіння пожежі у виробничому цеху передбачено засоби первинного гасіння пожежі: урна з піском, пожежний кранами з рукавами і відповідно вогнегасники.

Для гасіння пожежі необхідно мати трьох годинний запас води і орієнтовно у нашому випадку становитиме – 170 м³.

Електробезпека

Електробезпека це ще один із факторів, що впливає на здоров'я людей. Тому, необхідно здійснювати забезпечення колективними і індивідуальними засобами захисту від ураження електричним струмом. До них відносяться: занулення, заземлення, попереджувальна сигналізація. Індивідуальні – ізоляційні підставки, діелектричні калоші, гумові килимки і рукавиці. Опір заземлювачів не >4 Ом, а ізоляції – 0,5 Ом.

Показники шкідливих та небезпечних чинників

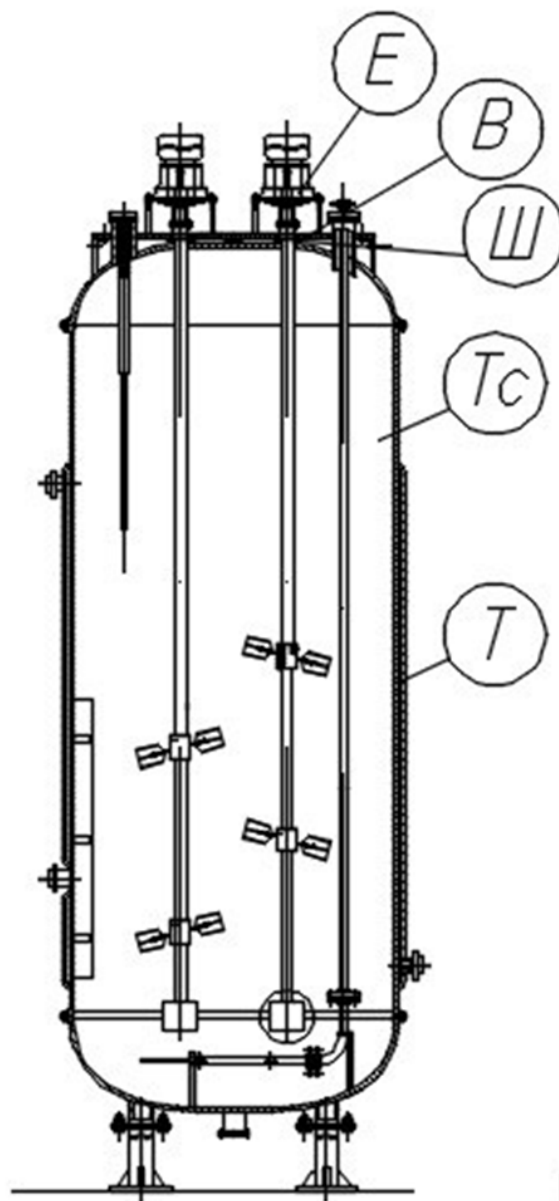


Рис. 10. 1 Місця небезпечних і шкідливих чинників

При обслуговуванні ферментатора на персонал впливають такі показники (рис. 10.1): **Е** – електробезпека; **Ш** – шум; **Тс**– тиск; **В** – вібрація; **Т** – температура.

11. Заходи щодо екології

Забезпечення охорони довкілля – одним з важливих завдань для людства. Глобального характеру, у багатьох країнах світу, набула проблема забруднення навколишнього середовища. В усунені цієї проблеми задіяні цілі державні, суспільні та міжнародні організації.

Вплив ферментатор барботажного типу з механічним перемішуванням на навколишнє середовище не має значного впливу. Однак, у процесі роботи деякі фактори мають негативний вплив. Це є виділення значної кількості тепла під час ферментації. Забезпечення охолодження цього тепла здійснюється за допомогою води, що завжди використовується повторно.

Також, від миття обладнання вода, що є забрудненою, зливається у каналізацію. Це негативно впливає на навколишнього середовища.

Очищення відходів мікробіологічної промисловості

Для забезпечення очищення повітряних викидів, стічних та промивних вод застосовується спеціальне обладнання.

Очищення повітря здійснюється наступними методами: адсорбцією, абсорбцією, хімічним перетворенням, термічною нейтралізацією та каталізацією.

Ці методи сприяли розробленню значної кількості обладнання, що забезпечує ефективне очищення та вловлення пилогазових викидів. Це обладнання в основному розташовують у верхніх частинах виробничих приміщень. Вловлені речовини є готовим продуктом або вторинною сировиною.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Якимчук Р. Л.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Золотаревич С.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Заходи щодо екології	19-1685.KP.02.011 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/2

Для запобігання повітряних викидів необхідно герметизувати обладнання, що використовується у технологічному процесі.

Очищення стічних вод. Процес виробництва пліснявих грибів пов'язаний з використанням великої кількості води, яка є забрудненою різними відходами та скидається у каналізацію.

Способів очищення стоків є декілька: *механічне очищення* – застосовують сита, решітки, відстійники, гідроциклони, механічні фільтри; *хімічне очищення* – додавання до виробничих стоків спеціальних реагентів, що забезпечують осадження частинок чи виділення газів; *фізико-хімічне очищення* – це є процеси флокуляції, сорбції, коагуляції, флотації та ін; *біологічне очищення* – утилізація мікроорганізмами речовин органічного походження, які містяться у стоках.

Висновки

В кваліфікаційній роботі наведено аналіз конструкцій ферментаторів та запропоновано удосконалення перемішуючих пристроїв модернізованого ферментатора. Результатом удосконалення є встановлення у ферментатор другого валу з двома мішалками та зміну приводу валів.

Удосконалення ферментатора забезпечить якісне перемішування, що дозволить зменшити час перебування пліснявих грибів на 25...30%, а також підібрано мотор-редуктори, що забезпечать зменшення використання електроенергії.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Якобчук Р. Л.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Золотаревич С.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Висновок	19-1685.КР.02.000 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/1

Список використаних літературних джерел

1. Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя [Текст] : В 3-х т.– М.: Машиностроение, 1982. (т.1 – 729 с. т.2. – 584 с. т.3. – 576 с.)
2. Бортников И.И., Босенко А.М. Машины и аппараты микробиологических производств / И.И. Бортников, А.М. Босенко; Минск.: Выш. шк.1982.- 288 с.
3. Виестур, У.Э. Ферментационная аппаратура. – Рига.: Зинетне, 1980 – 160 с.
4. Гапонов К.П. Процессы и аппараты микробиологических производств. – М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1982. — 239 с.
5. Калунянц, К. А. Оборудование микробиологических производств [Текст] / К. А. Калунянц, Л. И. Голгер, В. Е. Балашов ; Под ред. К.А.Калунянца. — М. : Агропромиздат, 1987. — 398 с.
6. Колосков, С.П. Оборудование предприятий ферментной промышленности [Текст] : Учеб. / С.П. Колосков. – М. : Пищ. пром-сть, 1969. — 383 с.
7. Купчик, М. П. Основи охорони праці / М. П. Купчик, М. П. Гандзюк, І. Ф. Степанець, В. Н. Вендичанський, А. М. Литвиненко, О. В. Іваненко. – К.: Основа, 2000. – 416 с.
8. Машины и аппараты пищевых производств [Текст] : учебник : в 3 кн. Кн. 1 / С. Т. Антипов, И. Т. Кретов, А. Н. Остриков и др. ; под ред. В. А. Панфилова. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : КолосС, 2009. — 610 с.
9. Машины и аппараты пищевых производств [Текст] : учебник : в 3 кн. Кн. 2 / С. Т. Антипов, И. Т. Кретов, А. Н. Остриков и др. ; под ред. В. А. Панфилова. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : КолосС, 2009. — 847 с.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Якобчук Р. Л.</i>	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> <i>Золотаревич С.В.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> Список використаних літературних джерел	19-1685.KP.02.000 ПЗ				
	<i>Документ затверджено</i> <i>Якимчук М.В.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/3	

10. Машины и аппараты пищевых производств [Текст] : учебник : в 3 кн. Кн. 3 / С. Т. Антипов, И. Т. Кретов, А. Н. Остриков и др. ; под ред. В. А. Панфилова. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : КолосС, 2009. — 551 с.

11. Методичні рекомендації до виконання випускної роботи для здобувачів освітнього ступеня "Бакалавр" спеціальності 133 Галузеве машинобудування денної та заочної форм навчання / уклад. : В. Г. Мирончук, О. М. Гавва ; Нац. ун-т харч. технол. - Київ : НУХТ, 2018. - 30 с.

12. Монтаж та технічний сервіс обладнання. Практикум [Текст] : навч. посіб. / В. Г. Мирончук, Д. М. Люлька, О. А. Єщенко, О. І. Свідерська ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т харч. технол. – Київ : НУХТ, 2017. — 162 с.

13. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості. / Підручник. / В.Г. Мирончук , І.С. Гулий, М.М. Пушанко та ін. ; за ред. В.Г. Мирончука.– Вінниця: Нова книга, 2007. – 648 с.

14. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии: Учебник: В 2 кн./ В.Г. Айнштейн, М.К. Захаров, Г.А.Носов и др.; Под ред. В.Г.Айнштейна. М.: Логос; Высшая школа, 2003. Кн. 2. 872 с.: ил.

15. Процеси і апарати харчових виробництв [Текст] : підруч. / О. С. Марценюк, Л. М. Мельник ; НУХТ. — К. : НУХТ, 2011. — 407 с.

16. Справочник механика пищевой промышленности / А.И. Соколенко, А.И. Украинец, В.Л. Яровой и др.; Под ред. А.И. Соколенко. – К.: АртЭк, 2004. – 304 с.: ил.

17. Справочник специалиста пищевых производств. Книга 1. Под ред. А. И. Соколенко. – К.: АртЭк, 2001. – 304 с.: ил.

18. Сухенко Ю.Г., Бойко Ю. І. Технологічні основи машинобудування. Лабораторний практикум: Навч. посібник/За ред. проф. Ю. Г. Сухенка – К.:НУХТ,2009.- 262 с.

19. Техника пищевых производств малых предприятий [Текст] : учеб. пособие / С. Т. Антипов, В. Е. Добромиров, А. И. Ключников и др. ; под ред. В. А. Панфилова. — М. : КолосС, 2007. — 696 с.

20. Технология пищевого машиностроения / Г.А. Прейс, А.И. Безыкорнов. – К.: Вища шк. Головное изд - во, 1987. – 287с.

21. Технологічні основи машинобудування: методичні рекомендації до виконання курсової роботи для студентів напрямів підготовки 6.050502 "Інженерна механіка", 6.050503 "Машинобудування" денної та заочної форм навчання / уклад. : Ю. І. Бойко, О. А. Литвиненко ; Нац. ун-т харч. технол. — К. : НУХТ, 2015. — 193 с.

22. “Безопасность эксплуатации сосудов и аппаратов, работающих под давлением”. Режим доступа: <http://scibook.net/jiznedeyatelnosti-bjd-bezopasnost/bezopasnost-ekspluatatsii-sosudov-apparatov-18665.html>.

23. Мотор-редуктори МПО1М: Режим доступа: [.https://sdm-group.com.ua/motor-reduktory-mpo1m/](https://sdm-group.com.ua/motor-reduktory-mpo1m/).

24. Плісняві гриби. Режим доступа: <http://dovidka.biz.ua/tsvilevi-gribi/>.

25. Ферментатор с механическим перемешиванием барботажного типа. Режимдоступу: <http://www.agro-mash.ru/fermentatory-s-mekhanicheskim-peremeshivaniem-barbotazhnogo-tipa.htm>.