

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

**Інститут (факультет ) ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого**  
**Кафедра Машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв**

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

\_\_\_\_\_ **Сергій Блаженко**  
(підпис) (ім'я та прізвище)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022р.

**«До захисту допущено»**  
Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ **Олександр Гавва**  
(підпис) (ім'я та прізвище)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності \_\_\_\_\_ **133 "Галузеве машинобудування"**  
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Інжиніринг харчових та біотехнологічних  
виробництв

на тему Модернізація ферментатора з механічним перемішуванням та аеруванням  
з об'ємом 50м<sup>3</sup>

Виконав: здобувач 4 курсу, групи ОХ-4-10ск

\_\_\_\_\_ **Грібанов Максим Євгенійович** \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник \_\_\_\_\_ **Житнецький Ігор Володимирович** \_\_\_\_\_  
(прізвище , ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти \_\_\_\_\_  
(ім'я та прізвище) (підпис)

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище) \_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище) \_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(ім'я та прізвище) (підпис)

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

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ - 2022р.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**  
**Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С.Гулого**  
**Кафедра Машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв**

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

*(шифр і назва)*

Освітня програма «Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв»

*(шифр і назва)*

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри**

Олександр Гавва

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2022 року

**З А В Д А Н Н Я**

**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА**

Грібанов Максим Євгенійович

*(прізвище, ім'я, по батькові)*

1. Тема проекту (роботи) тему Модернізація ферментатора з механічним перемішуванням та керуванням з об'ємом 50м<sup>3</sup>

керівник проекту (роботи) Житнецький Ігор Володимирович, доц.,  
кандидат тех. наук

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «31» березня 2022 р. № 167-  
КС

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

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; загальні висновки, список використаних літературних джерел, специфікація.

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

## 6.Консультанти розділів роботи

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

7.Дата видачі завдання «31» 03 2022 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Анотація, зміст</i>	<i>04.04.2022р</i>	<i>Виконано</i>
2	<i>Вступ</i>	<i>08.04.2022р.</i>	<i>Виконано</i>
3	<i>Техніко-економічне і соціальне обґрунтування</i>	<i>15.04.2022р.</i>	<i>Виконано</i>
4	<i>Порівняльний аналіз обладнання</i>	<i>22.04.2022р.</i>	<i>Виконано</i>
5	<i>Опис будови та принцип дії пластинчастого апарата</i>	<i>29.04.2022р.</i>	<i>Виконано</i>
6	<i>Розрахункова частина</i>	<i>10.05.2022р.</i>	<i>Виконано</i>
7	<i>Технологія виготовлення опорної штанги</i>	<i>15.05.2022р.</i>	<i>Виконано</i>
8	<i>Монтаж та експлуатація обладнання</i>	<i>20.05.2022р.</i>	<i>Виконано</i>
9	<i>Охорона праці</i>	<i>20.05.2022р.</i>	<i>Виконано</i>
10	<i>Висновки</i>	<i>20.05.2022р.</i>	<i>Виконано</i>
11	<i>Список використаної літератури</i>	<i>20.05.2022р.</i>	<i>Виконано</i>
12	<i>Графічна частина: 4 аркушів формату А1</i>	<i>20.05.2022р.</i>	<i>Виконано</i>
	<i>Подача кваліфікаційної роботи на кафедру</i>		<i>Виконано</i>

**Здобувач**

\_\_\_\_\_ (підпис)

Максим Грібанов

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище)

**Керівник роботи**

\_\_\_\_\_ (підпис)

Ігор Житненцький

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище)

## Анотація

Тема представленою дипломного проекту “Модернізація ферментатора з механічним перемішуванням та аерування з об’ємом  $50\text{ м}^3$ ”. Зміст модернізації полягає в заміні турбінної мішалки задля покращення ходу перемішування та можливості повторного використання повітря.

В порівнянні з базовим різновидом модернізований ферментатор надає такі переваги: зріст продуктивності ферментатора; покращення якості вихідного продукту; зменшення собівартості продукції; збільшення рентабельності підприємства і прибутку.

Проведену модернізацію можна підтвердити розрахунками та обґрунтувати, при цьому врахувати її економічність, автоматизацію, безпеку, простоту конструкції і бічні фактори при обслуговуванні.

В даному дипломному проекті показані питання експлуатації обладнання і монтажу, охорони навколишнього природного середовища, охорони праці. Виконано аналіз технічних та технологічних рішень. Наведені економіко-технічні розрахунки, які підтверджують економ доцільність запровадження цієї модернізації, власне, у виробництво.

Дипломний проект складається з розрахунково-пояснювальної записки, яка містить 66 сторінок та графічної частини, яка складається з 3 листів.

Ключові слова: ферментатор, перемішування, турбінна мішалка, продуктивність.

## **Summary**

The theme of the submitted diploma project "Modeling of fermenter with mechanical mixing and equipment with volume 50". The essence of the modernization is to change the turbine mixer to improve the mixing process and the possibility of re-use of air.

In comparison with the basic version, the modernized fermenter provides the following benefits: increasing the productivity of the fermentor; improvement of the quality of the source material; lower cost of production; increase profit and profitability of the enterprise.

The modernization is confirmed by calculations and substantiated, while taking into account its cost effectiveness, simplicity of design, safety, automation and other factors at service.

The diploma project highlights the issues of installation and operation of equipment, labor protection, environmental protection, automation. The analysis of technological and technical solutions is carried out. The technical and economic calculations confirming the economic feasibility of introducing this modernization into production are presented.

The diploma project consists of a billing and explanatory note containing 56 pages and a graphic part consisting of 3.

Keywords: fermenter, mixing, turbine stirrer, productivity.

## Зміст

	сторінки
<b>Анотація</b> _____	<b>1-2</b>
<b>Вступ</b> _____	<b>3</b>
<b>1. Літературний огляд:</b> _____	<b>4</b>
1.1 Порівняльний аналіз технічних рішень	
1.2 Техніко - економічне обґрунтування	
1.3 Характеристика вихідної сировини і готової продукції	
1.4 Обґрунтування та опис запропонованого тех. рішення	
<b>2.Розрахункова частина</b> _____	<b>14</b>
<b>3. Технологія виготовлення окремої деталі</b> _____	<b>31</b>
<b>4. Вимоги щодо монтажу , експлуатації , ремонт</b> _____	<b>48</b>
<b>5. Система управління</b> _____	<b>53</b>
<b>6. Охорона праці</b> _____	<b>56</b>
<b>7.Висновок</b> _____	<b>58</b>
<b>8.Список літератури</b> _____	<b>59</b>

НУХТ	<i>Технічне узагальнення</i>	ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа Грибанов М.Є</i>	<i>Розробник документа Грибанов М.Є</i>	<i>Назва, додаткова назва Зміст</i>	<i>200396.ДП.42.000.ПЗ</i>			
	<i>Документ затверджено</i>		<i>Інд. зміни</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова ///</i>	<i>Архи 3</i>

## Вступ

Серед багатьох продуктів мікробіологічної промисловості в даний час інтенсивно розвивається промислове виробництво ферментних препаратів. Ці препарати в основному використовуються в різних галузях харчової промисловості, побутової хімії, медицині, сільському господарстві.

Ферменти є біокатализаторами складного білкового складу, які надають специфічну дію на субстрат. Ця дія проявляється в умовах, суворо пов'язаних з фауною, що не викликає денатурації захисних речовин, які є носіями ферментативної активності.

Як уже вище було зазначено, ферментні препарати часто та широко використовуються в медицині. А саме застосування препаратів протеолітичних та амілолітичних ферментів при приготуванні живильних оточень для культивування мікроорганізмів на біохім. заводах, які роблять біологічно активні речовини.

В нашій час ферменти мед призначення отримують або з патогенних мікроорганізмів або з тваринних тканин і в дуже-дуже невеликій кількості.

Цех ферментації складається з батареї ферментерів ємкістю від 10 до 50 тисяч літрів й батареї інокуляторів і посівних апаратів ємкістю від 100 літрів до 5 тисяч літрів – їм властива така ж конструкція, що й великим ферментерам.

В 1952 році був запущений при Срібно-Прутському спирт підприємстві цех по виготовленню поверхневим способом культур пліснявих грибів.

В даний час знаходяться та побудовані на стадії проектування нові потужні заводи по виготовленню фермент препаратів та культур.

В цьому дипломному проекті представлений ферментатор із пневматичною подачею та механічним перемішуванням повітря ємкість  $63 \text{ м}^3$  та його модернізація яка покращує процес перемішування.

НУХТ	Технічне уздвоження	ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА		Статус документа			
Власник документа Грибанов М.Е	Разробник документа Грибанов М.Е	Зміст	200396.ДП.4.2.000.ПЗ				
	Документ зптверджени		Інд. зміни	Дата видання	Мова	Л. 4 ...	

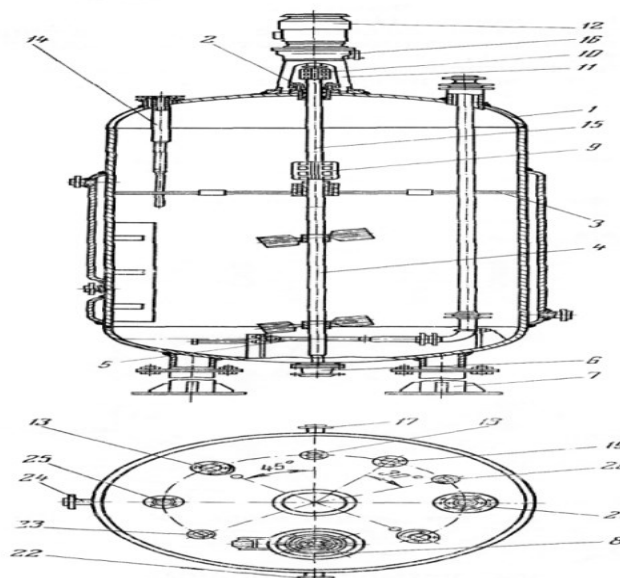
## ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

### 1.1 Порівняльний аналіз технічних рішень

Глибинний метод культивування продуцентів-мікроорганізмів біологічноактивних речовин-є найбільш тонким і важким процесом отримання матеріалів мікробного синтезу. В залежності від методів, що використовуються, ферментатори для глибинного вирощування мікроорганізмів розділяють на ряд груп з визначеними ознаками.

#### Ферментатор з механічним перемішуванням

Складовими елементами є елементи: 1-корпус; 2-сальник; 3-тяги; 4- вал з мішалками; 5-барботер; 6-підп'ятник; 7-стійка; 8-лаз-павук; 9,10-муфти; 11- стійка; 12-електродвигун; 13-оглядове скло; 14-гільза для термометра; 15- проміжний вал; 16-редуктор; 17,18,19-штуцери для виходу води, для гільзи термометра та для наповнення; 20,21,22-штуцери для завантаження посівного середовища, для барботера і подачі вод; 23,24,25-штуцери для манометра, відбору проби та виходу повітря.



**рис 1.1.Ферментатор з механічним переміш уванням**

НУХТ	<i>Технічне устройство</i>	ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа Грибанов М.Е</i>	<i>Разработчик документа Грибанов М.Е</i>	Літературний огляд	<i>200396.ДП.4.2.000.ПЗ</i>			
	<i>Документ затверджено</i>		<i>Інд. зміни</i>	<i>Дата випуску</i>	<i>Мова 111</i>	<i>Архи 5</i>

Каркас ферментатора вертикальний циліндричний (ГОСТ 6533-53). В корпусі 1 обертається вал 4 з швидкістю 180 об/хв. Вал приводиться в рух через електродвигуном.

Для подання повітря в оточення в нижньому елементі ємності встановлено барботер 5 кілечного типу з 12 променевими патрубками. По периферії внутрішньої стінки корпуса розташовані 4 відбійні пластини, призначені для турбулізації рідини та запобігання кругового обертання рідини із творінням вирви. З зовнішнього боку корпус облаштований сорочкою, в яку наливають воду для відведення теплоти, яке виділяється культурою мікроорганізмів. Регулювання та контроль температури середовища здійснюють датчиком температури.

### **Ферментатори вертикального і горизонтального типу**

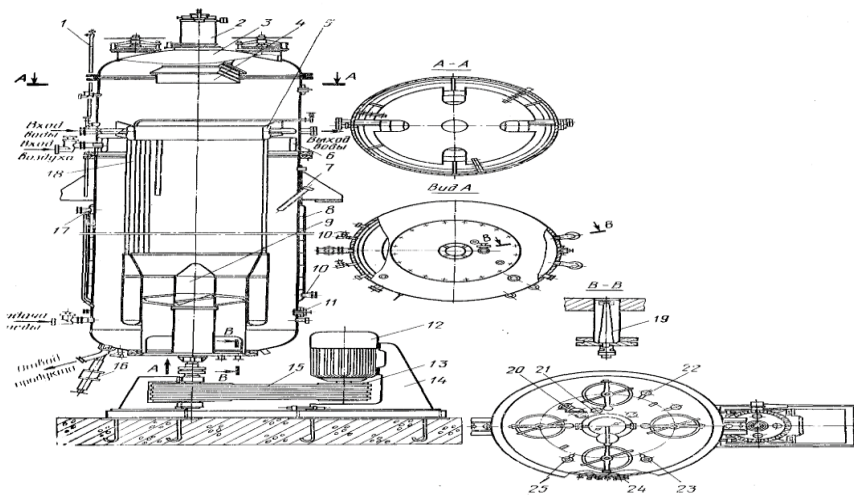
Задля підвищення інтенсивності масообміну, підвищення активності культури і підвищення активності розроблено новий тип ферментатора, що дозволить пускати в хід процес глибинного культивування, а саме при лінійних швидкостях потоку середовища 2 метра в секунду.

Ферментатор ФВО-40-0,6 являє вертикальний циліндр, в ньому розташовані: перемішувачий прилад, який прикріплений на вал; циркуляційна труба, теплообмінна камера, аератор, відводу культури, патрубки для підведення повітря і вихідних газів. Перемішувачий апарат зроблено у вигляді гвинта, який встановлений в нижній частині даної труби.

На кришці пристрою зроблено мех. піногасник, 4 люки для введення мех. мийної головки і привід. Для спостереження за ходом ферментації на каркасі задіяно 6 оглядових вікон. Ферментатор розрахований для діяльності під тиском не менше 0.3 МПа.

Для пришвидшення процесу живильне середовище рушитиме в пристрій через ежектор.

Культуральна рідина насосом забирається з пристрою і нагнітається крізь сопло ежектора, утворення розвиненої поверхні контакту фаз і через що досягається висока степінь диспергування живильних речовин.



**Рис 1.2. Ферментатор вертикального типу**

1-труба для підведення повітря на продувку; 2-герметичний привід; 3-кришка; 4-піногасячий пристрій; 5-вставка з теплообмінною камерою; 6-повітряний короб; 7-корпус; 8-перемішуючий пристрій; 9-патрубок для підведення охолодженої вод и; 10-електродвигун; 11-шків; 12-клинопасова передача; 13-розвантажувальний пристрій; 14-патр убок для відводу води; 15-труби теплообмінника; 16-патрубок для відведення повітря; 17-патрубок для піногасника; 18-оглядове вікно.

### **Ферментатор горизонтального типу**

З верхнім приводом піногасячого пристроїв та перемішуючого рекомендують собою закриту систему з 2-х горизонтальних труб. Повітря підноситься крізь барботер і перемішується разом із речовиною з швидкістю до 5м/с. Ферментатори горизонтального та вертикального типу з швидким

масообміном є практично пристроями ідеального змішування, вони моделюються і розраховуються по числу Рейнольдса і швидкостями потоку.

1-електродвигун; 2-вихідний штуцер для повітря; 3-кришка; 4-піногасник; 5-внутрішній дифузор; 6-мішалка; 7-сорочка; 8-вхідні отвори для середовища; 9-решітчасті отвори; 10-зовнішній дифузор; 11- корпус; 12-насос; 13-опорний підшипник; 14-вхідний штуцер.

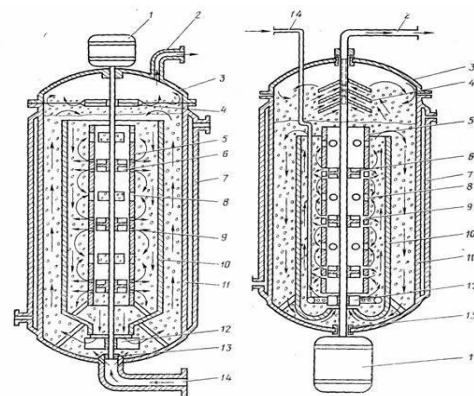


Рис 1.3. Ферментатор горизонтального типу

### **Лабораторна ферментаційна установка для культивування базидіоміцетів (патент №40900 )**

Лабораторне ферментаційне пристосування для культивування базидіоміцетів, яке включає біологічний реактор, яка відрізняється тим, що пристосування являє з себе 2 біореактори, які підключені паралельно через обв'язку до датчик кисню, термостатів, компресора, водонагрівача, автоклава, блоки автоматичного управління роботою компресора, що герметично вставлений в контактні термометри, біореактор, що регулюють діяльність термостатів та обв'язку, що містить вентилі, ротаметри, клапани, бактеріальні повітряні фільтри та обернені клапани, з'єднані магістралями.

Умовою розвитку біотехнології біологічно енергійних речовин є подальший пошук нових нетрадиційних біологічних предметів, що мають вагомні виробничі властивості. Перспективним є вживання базидіоміцетів в мікробіологічній індустрії. Одним із важливих періодів розробки технології ферментації є дослідні напівпромислові випробування штамів-продуцентів.

Відомий прилад для культивування мікроорганізмів, має:

ферментатора і розміщених в ньому посівного приладу та інокулятора. Вадю приладу - наявність великої к-сті запірної арматури. Це дуже збільшує імовірність зараження культури мікроорганізму інактивації продуцента та «лівою» мікрофлорою. Прилад підходящий до культивування тільки

одноклітинних мікроорганізмів, саме це не впоряджає вимоги до вирощування макроміцетів.

Ближнім за тех. суттю та досяжності наслідку є прилад для глибинного культивування мікроорганізмів, що має можливість регулювання швидкості масообмінних процесів в субстраті (7). Прилад має ємкість з технологічними патрубками, оболонкою обігріву, кільцевий барботер, відбійники на опорних елементах, приводну мішалку.

Винахід ґрунтується на можливості розробки та встановлення лабораторної ферментаційної установки для культивування базидіоміцетів, яка включає в себе включення біологічних реакторів (ферментаторів), аглютинуючу властивість та структуру лабораторних лабораторій. як для пристроїв, так і в системі човнів і дворових команд.

Ця проблема вирішується так: лабораторне ферментаційне пристосування для культивування базидіоміцетів має в собі біологічний реактор винаходу, установка містить два біореактори (1,2), що випускаються паралельно автоклавною лінією. (3), компресор (4), термостати (б, б), обігрівач (7), автомати (8, 9), автомати керування компресором (10), датчики кисню (11), які герметично закриті в біореакторі , контактні термометри (12, 13), що регулюють роботу термостатів, і ланцюг (14), що містить клапани, лопатки, ротаметри, зворотні повітряні фільтри та бактерії, реальні на дорогах. На рис.1 показано схему устрою лабораторної ферментаційної установки. Лабораторна ферментаційна установка складається з біологічних реакторів.

## 1.2 Техніко-економічне обґрунтування

В цій роботі розглядається модернізація ферментатора з мех. перемішуванням та пневматичною подачею повітря з об'ємом  $50\text{ м}^3$ . Для модернізації я обрав з турбінною мішалкою. Замість 4 лопастей ми встановимо тільки дві. Встановлені лопаті не є суцільними і вони паралелепіпедної форми. По

--	--	--	--	--

середині є наскрізні вирізи прямокутної форми. З однієї сторони на лопастях зробимо отвори і зробимо отвір на самому валу з мішалками.

Під час перемішування повітря яке подається в корпус ферментатора через отвори на лопастях потрапляє в пустотілий вал звідки через отвір на валу повертається в корпус апарата. Дана конструкція вала з мішалкою дає змогу повторно використовувати повітря під час перемішування.

Збір усіх видів заходів перекладається такими досягненнями:

- добре змішується з мікроорганізмами.
- зменшення втрат електроенергії.
- менше часу на очищення нової подушки безпеки, яка ще є в наявності
- всі елементи цього продукту зменшують кількість готової продукції.
- продуктивність ферментера та збільшення.

Отже, економічна ефективність і доцільність розвитку очевидні і підтверджуються розрахунками.

### **1.3 Характеристика вхідного матеріалу і готової продукції. Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи обладнання**

Джерелом амінокислотного збалансованого білка є клітини міцелію та багато мікроскопічних грибів. За своїми властивостями білки грибів близькі до білків сої та м'яса. Відповідно, їх можна використовувати не тільки для приготування білкових концентратів, але і як харчову добавку. Сировиною для промислового вирощування мікроскопічних грибів, як правило, є рослинні рештки, що містять волокна, геміцелюлозу, лігнін.

Нині під час дослідження відібрано швидкозростаючі нетоксичні штами мезо- та термофільних грибів для промислового вирощування. У порівнянні з дріжджовими білками мікроскопічні гриби мають більший вміст сірчанних амінокислот і краще засвоюються організмом. Концентрація нуклеїнових кислот у міцелії грибів (1-4% сухої маси) майже така ж, як і в тканинах рослин. Проте в

біомасі грибів значно менше, ніж у дріжджах, синтезуються білки, і їх зростання в біомасі відносно повільніше.

Нижчі міцеліальні гриби, вирощені на рослинних відходах, що містять целюлозу і лігнін, завдяки своїй здатності синтезувати комплекс гідролітичних ферментів розщеплюють целюлозу і лігнін на прості речовини, з яких утворюються амінокислоти і білки. З метою прискорення росту грибів проводять попередню обробку рослинної сировини, що підвищує доступність її компонентів для використання мікроорганізмами. Найбільш часто використовується кислотно-лужний метод переробки відходів, що містять целюлозу і лігнін, обробка тиском.

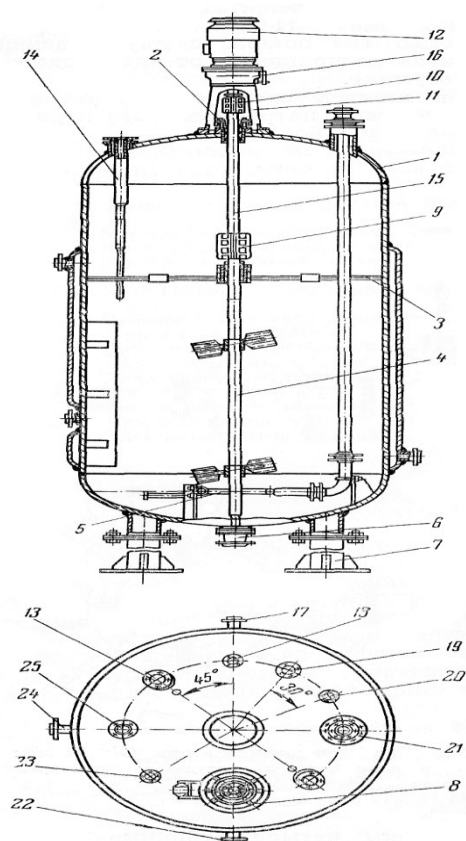
Після обробки аміаком і каустичною содою відбувається повне або часткове розкладання полісахаридів і лігніну, що забезпечує прискорене зростання грибкової маси і скорочує терміни промислового вирощування грибів.

Глибинне культивування мікроорганізмів - продуцентів біологічно активних речовин - найбільш складний і делікатний процес отримання продуктів мікробного синтезу. Біосинтез біологічно активних речовин мікроорганізмом залежить від таких

факторів, як температура, рН середовища та концентрація культури, концентрація розчиненого кисню, час культивування, будова обладнання та матеріал, в якому здійснюється процес і ін.

### Рис. 2.1 Ферментатор с турбінною мішалкою і барботером.

В даному проекті розглядається ферментатор з турбінною мішалкою і барботером. Його складовими частинами являються наступні елементи:



1-корпус; 2-сальник; 3-тяги; 4- вал з мішалками; 5-барботер;  
 6-підп'ятник; 7-стійка; 8-лаз-павук; 9,10-муфти; 11-стійка;  
 12-електродвигун; 13-оглядове скло; 14-гільза для термометра;  
 15-проміжний вал; 16-редуктор; 17,18,19-штуцери для виходу води,  
 для гільзи термометра та для наповнення; 20,21,22-штуцери для  
 завантаження посівного середовища, для барботера і подачі води;  
 23,24,25-штуцери для манометра,відбору проби та виходу повітря.

Корпус ферментатора вертикальний циліндричний з еліптичними днищами (ГОСТ 6533-53). В корпусі 1 обертається вал 4 з швидкістю 180 об/хв з двохступінчатою турбінною мішалкою. Вал приводиться в рух електродвигуном.

Після обробки аміаком і каустичною содою відбувається повне або часткове розкладання полісахаридів і лігніну, що забезпечує прискорене зростання грибкової маси і скорочує терміни промислового вирощування грибів. Глибинне культивування мікроорганізмів - продуцентів біологічно активних речовин - найбільш складний і делікатний процес отримання продуктів мікробного синтезу. Біосинтез біологічно активних речовин мікроорганізмом залежить від таких факторів, як температура, рН середовища та концентрація культури, концентрація розчиненого кисню, час культивування, будова обладнання та матеріал, в якому здійснюється процес.

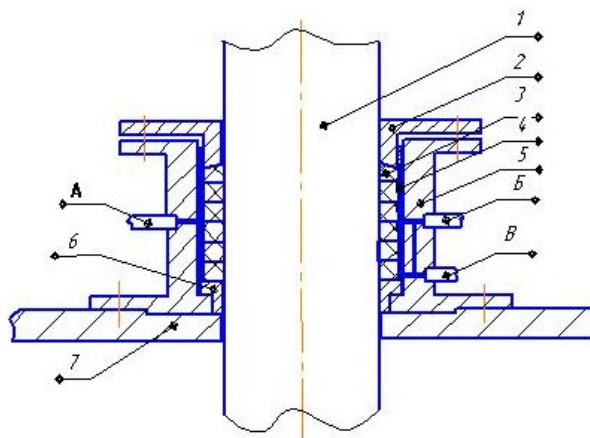


Рис. 2.2 Сальникове ущільнення вала ферментатора.

1-вал; 2-натиксна втулка; 3-набивка; 4-перфорований стакан; 5-корпус сальникового ущільнення; 6-утримуюче кільце; 7-корпус. А-штуцер для стерильного повітря; Б-штуцер для підводу пари; В-штуцер для відводу конденсату.

Запропоновано технічне рішення – модернізація кабельного вводу. Еволюція цієї конструкції ущільнення спрямована на підвищення надійності ущільнення шляхом спрощення його конструкції в порівнянні з торцевим ущільненням, яке також часто використовується для ущільнення валу ферментера.

#### **1.4 Обґрунтування та опис запропонованого технологічного рішення**

Для модернізації я обрав з турбінною мішалкою. Замість 4 лопастей ми встановимо тільки дві. Встановлені лопаті не є суцільними і вони паралелепіпедної форми. По середині є наскрізні вирізи прямокутної форми. З однієї сторони на лопастях зробимо отвори і зробимо отвір на самому валу з мішалками.

Дана конструкція вала з мішалкою дає змогу повторно використовувати повітря під час переміщення.

Відповідно комплекс усіх заходів дасть наступні переваги:

- набагато краща суміш мікроорганізмів.
- зменшення потреби в електроенергії.
- скорочення часу, необхідного для подачі нової дози повітря, оскільки воно використовується повторно
- все перераховане також знизить собівартість готової продукції.
- підвищиться продуктивність ферментера.

## 2. Розрахункова частина

Загальний об'єм ферментатора  $V_{заг} = 50 м^3$

Об'ємна маса  $\rho = 1065 \frac{кг}{м^3}$

Динамічна в'язкість  $\mu = 0,00153 \frac{Н \cdot сек}{м^2}$  або

$$\mu = \frac{0,00153}{9,81} = 0,000156 \frac{кг \cdot сек}{м^2}$$

Теплоємність  $c = 4186 \frac{Дж}{(кг \cdot град)}$

Коефіцієнт теплопровідності  $\lambda = 0,516 \frac{ккал}{(кг \cdot м \cdot град)}$

Робочий тиск при стерилізації паром 0,4МПа

Коефіцієнт заповнення  $\varphi = 0,7$

Робочий об'єм апарата:

$$V_p = V_{заг} \cdot \varphi = 50 \cdot 0,7 = 35 м^3$$

Визначимо геометричні розміри ферментатора:

$$\frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h + 2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h_1 = V_{заг}$$

$$h = 60 мм$$

$$h_1 = 10 мм$$

$$d = 40 мм$$

$$h = \frac{3}{2} \cdot d \quad h_1 = \frac{1}{4} \cdot d$$

$$\frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \frac{3}{2} \cdot d + 2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \frac{1}{4} \cdot d = V_{заг}$$

$$\frac{3 \cdot \pi \cdot d^3}{8} + \frac{\pi \cdot d^3}{8} = 50$$

$$3 \cdot \pi \cdot d^3 + \pi \cdot d^3 = 1200$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{300}{3,14}} = 4,56 м$$

НУХТ	Технічне узагодження	ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА		Статус документа			
Власник документа Грибанов М.Е	Розробник документа Грибанов М.Е	Розрахункова частина	200396.ДП.4.2.000.ПЗ				
	Документ затверджено		Інд. зміни	Дата видання	Мова ■■■	Арки 14	

Внутрішній діаметр апарата приймаємо  $D_{\text{вн}} = 3876 \text{ мм}$

Еліптичне днище апарату такого діаметру мають такі показники

(ГОСТ 6533-53): внутрішній діаметр  $D_{\text{вн}} = 3876 \text{ мм}$ ; висота еліптичної частини  $h_B = 969 \text{ мм}$ ; висота відбортовки  $h = 34 \text{ мм}$ ; внутрішня поверхня  $F = 17 \text{ м}^2$ ; ємність днища  $V_{\text{дн}} = 9,46 \text{ м}^3$ ; товщина стінки днища  $S = 10 \text{ мм}$ .

Згідно ГОСТ 6533-53 приймаємо співвідношення:

$$h_B = 0,25 \cdot D_{\text{вн}} = 0,25 \cdot 3876 = 969 \text{ мм};$$

$$h \geq 2 \cdot S$$

$$969 \geq 24$$

Повний об'єм ферментатора:

$$V_{\text{заг}} = V_{\text{ц}} + 2 \cdot V_{\text{дн}} = 63 \text{ м}^3$$

де  $V_{\text{дн}}$  - об'єм еліптичних днищ;  $V_{\text{дн}} = 9,46 \text{ м}^3$

Висота циліндричної частини ферментатора:

$$H_{\text{ц}} = \frac{V_{\text{заг}} - 2 \cdot V_{\text{дн}}}{F} = \frac{63 - 2 \cdot 9,46}{12} = 3,84 \text{ м}$$

де  $F$  – площа перерізу ферментатора по внутрішньому діаметру:

$$F = 0,785 \cdot D_{\text{вн}}^2 = 0,785 \cdot 3,876^2 = 12 \text{ м}^2$$

Загальна висота ферментатора:

$$H_{\text{заг}} = H_{\text{ц}} + 2 \cdot (h_B + h) = 3,84 + 2(1,14 + 0,04) = 6,236 \text{ м}$$

*Розрахунок ферментатора на механічну міцність*

Після кожного циклу вирощування культури ферментатор миють і стерилізують відкритим паром під надлишковим тиском  $p = 0,4 \text{ МПа}$  ( $t_{\text{нас}} = 142,9^\circ \text{C}$ ). У зв'язку з цим його елементи розраховують на механічну міцність згідно нормам Держгортехнагляду. Матеріал ферментатора Ст 3 (ГОСТ 380-60).

Визначимо товщину стінки  $S$  циліндричної обічайки:

$$S_{\text{ц}} = \frac{p \cdot D_{\text{вн}}}{230 \cdot \varphi \cdot \sigma_{\text{дон}} - p} + C = \frac{4 \cdot 3876}{230 \cdot 0,9 \cdot 11,7 - 4} + 3 = 9,41 \text{ мм} = 0,00941 \text{ м}$$

Для отримання міцного зварного шва на стику з днищем з товщиною стінки 12 мм приймаємо  $S_{\text{ц}} = 10 \text{ мм}$ .

Гідравлічне випробування ферментатора згідно норм Держгортехнагляду повинно виконуватись при тиску:

$$p_r = p_p + 2 = 4 + 2 = 6 \text{ кг/см}^2 \text{ або } p_r = 6 \cdot 0,0981 = 0,5886 \text{ МПа}$$

До цього тиску додається гідростатичний тиск стовпця рідини, що знаходиться в апараті при випробуванні.

Гідравлічний тиск, що випробовується при висоті стовпця рідини  $H_{ж} = 6,2 \text{ м}$

$$p_u = p_r + p_{ж} = 5 + 0,62 = 5,62 \text{ кг/см}^2 \text{ або } p_u = 5,62 \cdot 0,0981 = 0,649 \text{ МПа}$$

Гідростатичний тиск стовпця рідини:

$$p_{ж} = 0,1 \cdot H_{ж} = 0,1 \cdot 6,2 = 0,62 \text{ кг/см}^2 = 0,061 \text{ МПа}$$

Допустиме напруження матеріалу при гідравлічному випробуванні посудини повинно задовольняти умову:

$$\sigma = \frac{[4,56 + (0,01 - 0,003)] \cdot 0,649}{2 \cdot (0,01 - 0,003) \cdot 0,9} = 35,53 \text{ МПа},$$

що менше  $\frac{196,2}{1,2} = 163,5 \text{ МПа} > 35,53 \text{ МПа}$

З цього виходить, що міцність стінки ферментатора при гідравлічному випробуванні не порушується.

Визначимо товщину стінки еліптичних днищ:

$$S_{ц} = \frac{3,876 \cdot 0,4}{4 \cdot 0,087 \cdot 115 \cdot 1 - 0,4} \cdot \frac{3,876}{2 \cdot 1,14} + 0,005 = 7,1 \text{ мм} = 0,0071 \text{ м}$$

Безрозмірний коефіцієнт, який враховує послаблення днища отвором найбільшого діаметра:

$$K = 1 - \frac{d}{D_{ен}} = 1 - \frac{340}{3876} = 0,087$$

де  $d$  – діаметр лаза в днищі;  $d=340 \text{ мм}$ .

Згідно ГОСТ 6533-53 еліптичні днища з внутрішнім діаметром  $D_{ен} = 3876 \text{ мм}$  прийняті з мінімальною товщиною стінки 12мм. У зв'язку з цим приймаємо

товщину стінки днища  $S_{\text{дн}} = 12 \text{ мм}$ . Товщину циліндричної стінки  $S_{\text{ц}}$  ферментатора остаточно приймаємо з урахуванням забезпечення жорсткості конструкції  $S_{\text{ц}} = 10 \text{ мм}$ .

В днищах і циліндричній частині ферментатора є отвори які не укріплюють накладками, відбортовкою і т.д.

Максимально допустимий діаметр неукріпленого отвору в циліндричній частині не повинен перевищувати розмірів:

$$d_{\text{ц}} = 8,1 \cdot \sqrt[3]{D_{\text{вн}} \cdot (S_{\text{ц}} - C_{\text{ц}})(1 - K)} = 8,1 \cdot \sqrt[3]{3876(10 - 3)(1 - 0,242)} = 143,4 \text{ мм}$$

Визначимо коефіцієнт  $K$ :

$$K = \frac{D_{\text{вн}} \cdot p}{(230 \cdot \sigma_{\text{дон}} - p)(S_{\text{ц}} - C_{\text{ц}})} = \frac{3876 \cdot 0,4}{(230 \cdot 9,46 - 0,4)(10 - 3)} = 4,988$$

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

в циліндричному корпусі розрахункового апарата всі отвори мають діаметр менший 174мм; з цього можемо зробити висновок, що такий діаметр отвору можна і не укріплювати. Визначимо найбільший допустимий діаметр не укріплюваних отворів в днищах:

$$d_{\text{дн}} = 0,95 \cdot D_{\text{вн}}(1 - K) = 0,95 \cdot 3876(1 - 0,1194) = 3242,54 \text{ мм}$$

Значення коефіцієнта  $K_1$ :

$$K_1 = \frac{p}{400 \cdot \sigma_{\text{дон}}} \cdot \left[ \frac{D_{\text{вн}}}{(S_{\text{дн}} - C_{\text{дн}})} \cdot \frac{D_{\text{вн}}}{2 \cdot h_{\text{в}}} - 1 \right] = \frac{0,4}{400 \cdot 9,46} \left[ \frac{3876^2}{(12 - 5) \cdot 2 \cdot 949} - 1 \right] = 0,1194$$

#### *Розрахунок корпусу ферментатора на зовнішній тиск*

Для відводу тепла, що виділяється культурою при розвитку мікроорганізмів, в сорочку подають воду під тиском  $0,0981 \text{ МПа}$ . Під тиском корпус може деформуватися. Зробимо перевірочний розрахунок корпусу ферментатора на витримку проти деформацій.

Робочий тиск води в сорочці  $p = 0,0981 \text{ МПа}$  повинен бути менший критичного тиску  $p_{\text{кр}}$  при якому циліндрична форма посудини стає не стійкою і він деформується. Запас стійкості форми посудини для вертикальних циліндрів приймаємо чотирьохкратним. При робочому надлишковому тиску в сорочці

$$0,0981 \cdot p_{KP} = 0,0981 \cdot 4 = 0,3924 \text{ кг/см}^2.$$

Товщина стінки посудини, що піддається зовнішньому тиску:

$$S = r \cdot \sqrt[3]{\frac{p_{KP} \cdot 4 \cdot (1 - \mu^2)}{E}} = 229,2 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,3924 \cdot 4 \cdot (1 - 0,3^2)}{21000000}} = 2 \text{ см}$$

де  $r$  – середній діаметр циліндра;  $r = \frac{D_{вн} + 2S}{2} = \frac{458,4}{2} = 229,2 \text{ см};$

$\mu = 0.3$  - коефіцієнт Пуассона

$E = 2,1 \text{ МПа}$  - модуль пружності вуглецевої сталі.

Таким чином, прийнята товщина стінки  $S=1 \text{ см}$  не забезпечить стійкість форми, саме тому прийємо  $S=2 \text{ см}$ .

### *Розрахунок зовнішньої стінки сорочки ферментатора*

Визначимо товщину сорочки ферментатора:

$$S = \frac{pD}{230 \cdot \sigma_{дон} \cdot \varphi - p} + C = \frac{0,0981 \cdot 4610}{2,3 \cdot 115 \cdot 0,9 - 0,0981} + 3 = 1,9 \text{ мм} = 0,0019 \text{ м}$$

де  $D$  – внутрішній діаметр сорочки;  $D=3918 \text{ мм}$ .

Для забезпечення жорсткості конструкції приймаємо  $S=6 \text{ мм}$ .

Визначимо напруження на стінки сорочки при гідравлічному випробуванні. Пробний гідравлічний тиск для посудини, що працюють під надлишковим тиском до  $0,49 \text{ МПа}$ ,  $p_r = 1,25 \cdot p_p$ , але не менше  $0,1962 \text{ МПа}$ .

З урахуванням стовпця рідини розрахунковий тиск:

$$p_u = p_r + p_{ж} = 0,1962 + 0,32 = 0,2282 \text{ МПа}$$

Гідростатичний тиск стовпця рідини

$$p_{ж} = 0,1 \cdot H_{ж} = 0,1 \cdot 3,3 = 0,33 \text{ кг/см}^2 = 0,032 \text{ МПа}$$

де  $H_{ж} = 3,3 \text{ м}$  - висота стовпця рідини.

Допустиме напруження при гідравлічному випробуванні повинно задовольняти:

$$\sigma = \frac{[D_{вн} + (S - C)] \cdot p_u}{2(S - C) \cdot \varphi} \leq \frac{\sigma_T}{1,2}$$

де  $S=0,6 \text{ см}$  – товщина стінки;

$\sigma_T = 235,44 \text{ МПа}$  - межа текучості стали.

Підставимо числові значення:

$$\sigma = \frac{[4,61 + (0,006 - 0,003)] \cdot 0,2282}{2(0,006 - 0,003) \cdot 0,9} = 194,94 \text{ МПа}$$

Таким чином  $\sigma < \frac{235,44}{1,2} = 196,2 > 194,94 \text{ МПа}$

Можемо зробити висновок, що гідравлічне випробування не призведе до порушення механічної стійкості стінок ферментатора.

#### *Розрахунок механічної мішалки ферментатора*

Для перемішування середовищ в ферментаторах рекомендують використовувати турбінні мішалки. Діаметр турбінної мішалки згідно нормалі  $d_M = (0,3 - 0,33) \cdot D_{\text{вн}} = 0,3 \cdot 3876 = 1162 \text{ мм}$ . Прийємо  $d_M = 1164 \text{ мм}$ . Для більш ефективного перемішування приймаємо шестилопатеvu турбінну мішалку з діаметром  $d_M = 1164 \text{ мм}$ .

Для перемішування середовища в'язкістю  $\mu = 0,00133 \text{ Н} \cdot \text{сек} / \text{м}^2$  з рекомендованою коловою швидкістю мішалки  $\omega = 7 \text{ м} / \text{сек}$ .

Число обертів мішалки:

$$n = \frac{\omega}{\pi \cdot d_M} = \frac{7}{3,14 \cdot 1,22} = 1,83 \text{ об} / \text{сек}$$

Приймаємо  $n = 2 \text{ об} / \text{сек} = 120 \text{ об} / \text{хв}$

Потужність, яку використовує одна мішалка на перемішування середовища без урахування впливу додаткових пристроїв.

$$N_M = K_N \cdot \rho_C \cdot n^3 \cdot d_M^5 = 2,53 \cdot 1065 \cdot 2^3 \cdot 1,22^5 = 58,258 \cdot 10^3 \text{ Вт}$$

де  $\rho_C = 1065 \text{ кг} / \text{м}^3$  - щільність середовища;

$n$  і  $d_M$  - число обертів і діаметр мішалки.

Критерій потужності  $K_N$  залежить інтенсивності перемішування, що характеризується від центробіжного критерієм Рейнольда:  $K_N = f(\text{Re}_C)$ .

Центробіжний критерій Рейнольда:

$$Re_{ц} = \frac{\rho_c n d_M^2}{\mu_c} = \frac{108,5 \cdot 2 \cdot 1,22^2}{0,000156} = 2070402,564$$

З графіку нормалі (рис 71) запишемо:

$$K_N \left( \frac{g}{n^2 \cdot d_M} \right)^m = 1$$

$$K_N = \frac{1}{\left( \frac{g}{n^2 \cdot d_M} \right)^m} = \frac{1}{\left( \frac{9,81}{2^2 \cdot 1,22} \right)^{-0,133}} = 2,53$$

Визначимо показник m:

$$m = \frac{a - \lg Re_{ц}}{b} = \frac{1 - \lg 2070402,564}{40} = -0,133$$

де коефіцієнти a=1 і b=40(рис 71).

Розрахункова потужність на валу мішалки:

$$N_p = K_1 \cdot K_2 (\sum K + 1) N_M = 1,02 \cdot 1,1 \cdot (2,15 + 1) \cdot 58,258 = 205,9 \text{ кВт}$$

Коефіцієнт, що враховує ступінь заповнення апарату перемішувального середовища:

$$K_1 = \frac{H_{ж}}{D_{вн}} = \frac{4,65}{4,56} = 1,02$$

де  $H_{ж}$  - висота шару рідини, що перемішується, для турбінних мішалок  $H_{ж} = 0,75 H_{АП} = 0,75 \cdot 6,2 = 4,65 \text{ м}$  ( $H_{АП} = 6,2 \text{ м}$  - висота апарата).

Для запобігання викиду піни приймаємо  $H_{ж} = 4 \text{ м}$

Коефіцієнт який враховує збільшення потужності, що використовується в результаті підвищення опору середовища в процесі розвитку культури мікроорганізмів  $K_2 = 1,1$ .

Суму коефіцієнтів  $\sum K$ , що враховують збільшення потужності яка використовується, спричинене допоміжними пристроями, які знаходяться в середині апарату приймаємо з табл. 16.

Чотири відбиваючі перегородки шириною  $0,08 D_{вн}$  розташовані біля стінок апарату до напрямку радіусів, враховують коефіцієнтом  $K_{II} = 1,5$ . Додаткова

мішалка з таким розміром, що і основна, враховується коефіцієнтом  $K_M = 0,35$ .

Труба для підводу повітря  $K_{TP} = 0,2$ ; гільза для термометра  $K_T = 0,1$ . Таким чином:

$$\sum K = 1,5 + 0,35 + 0,2 + 0,1 = 2,15$$

Визначимо потужність яка необхідна на подолання тертя в сальнику вала:

$$N_C = 2n \cdot d_s^2 \cdot S_C \cdot p \cdot \left( e^{0,1 \cdot \frac{h_C}{S_C}} - 1 \right) = 2 \cdot 2 \cdot 0,08^2 \cdot 0,012 \cdot 0,4 \cdot 10^6 \left( e^{0,1 \cdot \frac{0,072}{0,012}} - 1 \right) = 100,12 \text{ KBm}$$

де  $n$  і  $d_s$  - число обертів і діаметр вала:  $n = 2 \text{ об/сек}$  та  $d_s = 0,08 \text{ м}$ ;

$S_C$  - товщина набивки сальника:  $S_C = 0,012 \text{ м}$ ;

$\delta$  – робочий тиск повітря в апараті над рівнем рідини:  $p = 0,4 \text{ МПа}$ ;

$h_C$  - висота набивки сальника:  $h_C = (6 - 7) S_C$

При визначенні  $N_C$  рекомендується приймати  $p \leq 0,00981 \text{ МПа}$  через можливе підвищення тиску поверх прийнятого при нормальних умовах експлуатації. Для визначення  $N_C$  приймаємо  $p \leq 0,0981 \text{ МПа}$

Діаметр привідного валу мішалки визначимо виходячи з умови міцності на кручення:

$$d_s = 1,71 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_{KP}}{\tau'_{доп}}} + C = 1,71 \cdot \sqrt[3]{\frac{8159,78}{70 \cdot 10^6}} + 0,003 = 0,084 \text{ м}$$

де  $C$  - прибавка на корозію, ерозію і зношення:  $C = 3 \text{ мм}$ ;

$\tau'_{доп}$  - допустиме напруження на кручення для матеріалу вала:  $\tau'_{доп} = 70 \frac{\text{МН}}{\text{м}^2}$ ;

Крутний момент на валу мішалки:

$$M_{KP} = 0,163 \cdot \frac{N_p}{n} = 0,163 \cdot \frac{100120}{2} = 8159,78 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

де  $N_p$  - розрахункова потужність на валу, що передається:  $N_p = 100,12 \cdot 10^3 \text{ Вт}$ .

Для забезпечення жорсткості приймаємо  $d_s = 85 \text{ мм}$ . Частина валу яка розташована вище нижньої турбінки матиме діаметр  $d'_s = 90 \text{ мм}$ ; частина валу, що розташована вище верхньої турбінки:  $d''_s = 95 \text{ мм}$  при виході через сальник.

Матеріал вала приймаємо Ст. 45. для цього матеріалу межа міцності на

розтяг (ГОСТ 1050-60)  $\sigma_B = 610 \text{ МН/м}^2$ . Прийнемо запас міцності  $n_s = 2,6$ .

Допустиме напруження на розтяг:

$$\sigma_{\text{дон}} = \frac{610}{2,6} = 234 \text{ МПа}$$

Допустиме напруження на кручення:

$$\tau_{\text{дон}} = 0,6\sigma_{\text{дон}} = 0,6 \cdot 234 = 140 \text{ МПа}$$

Допустиме напруження для валу перемішувального пристрою:

$$\tau'_{\text{дон}} = 0,6 \cdot \tau_{\text{дон}} = 0,6 \cdot 140 = 70 \text{ МПа}$$

Товщина сальникової набивки:

$$S_C = 0,044 \sqrt{d_g''} = 0,044 \sqrt{0,095} = 0,0136 \text{ м} = 14 \text{ мм}$$

де  $d_g'' = 95 \text{ мм}$  - діаметр вала.

Розрахункову силу  $P'_C$  з якою повинна бути стиснена набивка сальника:

$$P'_C = \pi \cdot (d_g'' + S_C) S_C p e^{0,04 \frac{h_C}{S_C}} = 3,14(0,095 + 0,014) \cdot 0,014 \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot e^{0,04 \cdot \frac{0,072}{0,012}} = 2432,6 \text{ Н}$$

де  $p$  - допустимий тиск в апараті при стерилізації:  $p = 0,4 \text{ МПа}$ .

Остаточна необхідна потужність приводного електродвигуна мішалки:

$$N_{\text{заг}} = 1,15 \cdot \frac{(N_p + N_c)}{\eta} = 1,15 \cdot \frac{(100,12 + 205,9)}{0,95} = 50 \text{ кВт}$$

де  $\eta$  - ККД редуктора привода:  $\eta = 0,95$ .

*Тепловий розрахунок ферментатора*

Проведемо вид даного розрахунку для культивування продукту такого як плісняві гриби. Приблизний склад завантаження, який надходить в робочий об'єм ферментатора приведемо в табл.1

**Таблиця 1.** Кількість продуктів, які завантажуються в ферментатор

Назва	Кількість в кг	
	На 1 м <sup>3</sup> об'єму	На 25 м <sup>3</sup> об'єму
Мука кукурудзяна	60	1500
Може бути замінена		
а) крохмалем	60	1500
б) солодовими ростками	10	250
Азотно кислотний натрій	9,1	227,5
Хлористий калій	0,5	12,5
Сірчистоокислий магній	0,5	12,5
Фосфорно кислотний калій	1,0	25

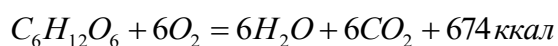
В перерахунку на цукор підпитувальне середовище, що надходить в ферментатор, при крохмалосності муки  $K_{кр} = 68\%$  отримаємо:

а) крохмалу  $1500 \cdot 0,68 = 1020$  кг

б) цукру  $1,11 \cdot 1020 = 1120$  кг

де 1,11 – перевідний коефіцієнт крохмалу в глюкозу.

В процесі розвитку пліснявих грибів виконується дисиміляція цукрів з виділенням надлишкового тепла:



#### *Дозатор для піногасіння*

При шейкеруванні середовища в ферментатора в етап розвитку в ньому мікроорганізмів часто з'являється піна і вона її з приладу. Для запобігання створення піни в ферментатори підводять рідкі піногасники в к-сті 0,8-1 кг на 1 м<sup>3</sup> осередку. Пеперд цим піногасники підлягають тепловій стерилізації для запобігання потрапляння інфекції в середовище. Охолодження й стерилізація виконується в другому апараті, з якого піногасник ускають в дозатор-збірник.

Застосовуються також і прилади для мех. гасіння піни в ферментаторах.

При використанні пристрою для вирощування культур в експлуатації

одночасно надходять 2 ферментатора з об'ємом  $V_p$  по  $50 \text{ м}^3$ ; втрати піногасника

$b = 1 \frac{\text{л}}{(\text{м}^3 \cdot \text{ч})}$ . Піногасник підготовлюють до роботи лише один раз в 24 години.

Погодинна витрата масла на піногасіння при одночасній роботі двох ферментаторів

$$V_{M.ч} = \frac{2 \cdot V_p \cdot b}{24} = \frac{2 \cdot 150 \cdot 1}{24} = 12,5 \frac{\text{л}}{\text{ч}}$$

Добова витрата масла для піногасіння

$$V_{M.сут} = 24 V_{M.ч} = 24 \cdot 12,5 = 300 \text{ л} = 0,3 \frac{\text{м}^3}{\text{добу}}$$

Загальний об'єм дозатора для піногасника маємо з розрахунку вмісту в ньому 24-годинної необхідності при коеф. заповнення - 0,7:

$$V_D = \frac{V_{M.сут}}{0,7} = \frac{300}{0,7} = 428,6 \text{ л}$$

Для стерилізації масла вибираємо стальний мірник з змійовиком об'ємом 429л.

Внутрішній діаметр дозатора  $D_{вн} = 600 \text{ мм}$ . Висота його  $H = 670 \text{ мм}$ . Днище сферичне. Кришка знімна.

Стерилізація масла виконується шляхом нагріву його від  $t'_M = 15$  до  $t''_M = 130^\circ \text{C}$  парю ( $p = 0,4 \text{ МПа}$ ) через змійовик з трубок діаметром 55/51мм.

Кількість тепла, яка витрачається на стерилізацію добової необхідності піногасника (масла)

$$Q_M = 1,03 [V_{M.сут} \cdot \rho \cdot c (t''_M - t'_M)] = 1,03 [0,3 \cdot 910 \cdot 2,093 \cdot (130 - 15)] = 67,681 \text{ КДж}$$

де  $\rho$  - щільність  $\rho = 910 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ;

$c$  - теплоємність масла  $c = 2093 \frac{\text{дж}}{(\text{кг} \cdot \text{град})}$ .

1,03 – коефіцієнт, що враховує втрати тепла стерилізатором в зовнішнє простір.

Витрата пари на стерилізацію масла:

$$G_{II} = \frac{Q_M}{(I_{II} - I_K)} = \frac{67681}{654,9 - 142,9} = 132,19 \text{ кг}$$

де  $I_I$  - ентальпія насиченої пари; при  $p = 0,4 \text{ МПа}$

$$I_{II} = 654,9 \text{ ккал/кг}$$

$I_K$  - ентальпія конденсату пари; при  $p = 0,4 \text{ МПа}$

$$I_K = 142,9 \text{ ккал/кг}$$

Об'ємна витрати пара на стерилізацію

$$V_{II} = G_{II} V' = 132,19 \cdot 0,4718 = 62,37 \text{ м}^3$$

де  $V'$  - питомий об'єм пари:  $p = 0,4 \text{ МПа}$   $V' = 0,4718 \text{ ккал/кг}$ .

Коефіцієнт тепловіддачі від пари що конденсується до стінки сталюого змійовика визначимо:

$$\alpha_1 = 0,725 \cdot \sqrt[4]{\frac{\lambda^3 \cdot \rho \cdot r \cdot g}{\nu \cdot d \cdot \Delta t_{cp}}} = 0,725 \cdot \sqrt[4]{\frac{2140 \cdot 10^3 \cdot 927,7 \cdot 0,685^3 \cdot 9,81}{0,215 \cdot 10^{-6} \cdot 0,051 \cdot 7,9}} = 11886,93 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{град)}$$

де  $\lambda = 0,685 \text{ Вт/(м} \cdot \text{град)}$  - коефіцієнт теплопровідності конденсату пари.

При середній температурі плівки конденсату в змійовику

$$t_{nl} = \frac{t_{cm} + t_{nac}}{2} = \frac{135 + 142,9}{2} \approx 138,45 \text{ }^\circ\text{C}$$

де  $t_{cm}$  - температура стінки змійовика, на якій конденсується пара; приймаємо

$$t_{cm} = 135 \text{ }^\circ\text{C};$$

$t_{nac}$  - температура конденсату граючої пари; при  $p = 0,4 \text{ МПа}$   $t_{nac} = 142,9 \text{ }^\circ\text{C}$

$\rho$  - щільність плівки конденсату; при  $t_{nl} = 138 \text{ }^\circ\text{C}$   $\rho = 927,7 \text{ кг/м}^3$ .

$\mu$  - коефіцієнт динамічної в'язкості конденсату, при  $t_{nl} = 138 \text{ }^\circ\text{C}$

$$\mu = 0,00002035 \text{ кг} \cdot \text{сек/м}^2 = 0,2035 \cdot 10^{-4} \cdot 9,81 = 0,1995 \cdot 10^{-3} \text{ (Н} \cdot \text{сек)/м}^2$$

$r$  - теплота конденсації пари; при  $p = 0,4 \text{ МПа}$   $r = 2140 \text{ КДж/кг}$

$d$  - внутрішній діаметр трубки змійовика, в якому конденсується пари;  $d = 0,051 \text{ м}$

$\Delta t$  - різниця температур конденсату і стінки, на якій конденсується пара:

$$\Delta t = 142,9 - 135 = 7,9 \text{ град}$$

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{0,1995 \cdot 10^{-3}}{927,7} = 0,215 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{сек}$$

Коефіцієнт тепловіддачі від стінки змійовика до масла:

$$\alpha_2 = C \cdot \text{Re}^n \text{Pr}^{0,4} = 0,715 \cdot 1471,71^{0,46} \cdot 30,6^{0,4} = 80,5 \text{ ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}) =$$

$$= 80,5 \cdot 1,163 = 93,62 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$$

де  $C$  і  $n$  – константи, які залежать от значення  $\text{Re}$ .

Критерій Рейнольдса:

$$\text{Re} = \frac{\omega \cdot d \cdot \gamma}{\mu \cdot g} = \frac{0,075 \cdot 0,055 \cdot 910}{0,00026 \cdot 9,81} = 1471,71$$

де  $\omega$  - швидкість руху нагріваємо масла в апараті; орієнтовно приймаємо

$$\omega = 0,075 \text{ м}/\text{сек};$$

$d$  – зовнішній діаметр трубок змійовика;  $d = 0,055 \text{ м}$

$$\gamma - \text{удільна вага масла; при } t_{cp} = \frac{130 + 15}{2} = 72,5^\circ \text{C}; \gamma = 910 \text{ кг}/\text{м}^3$$

$$\rho - \text{щільність } \rho = 910 \text{ кг}/\text{м}^3;$$

$\mu$  - коефіцієнт динамічної в'язкості масла; при середній температурі  $72,5^\circ \text{C}$

$$\mu = 0,00026 \text{ кг} \cdot \text{сек}/\text{м}^2 = 0,00255 \text{ (Н} \cdot \text{сек)}/\text{м}^2$$

Критерій Прандтля :

$$\text{Pr} = \frac{3600 \cdot \mu \cdot c \cdot g}{\lambda} = \frac{3600 \cdot 0,00026 \cdot 0,5 \cdot 9,81}{0,15} = 30,6$$

де  $c$  – теплоємність масла; при  $t_{cp} = 72,5^\circ \text{C}$ ,  $c = 0,5 \text{ ккал}/(\text{кг} \cdot \text{град}) = 2098 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{град})$

$\lambda$  - коефіцієнт теплопровідності масла;  $\lambda = 0,1745 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{град})$

Коефіцієнт теплопередача от пара к маслу визначимо:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{S_{cm}}{\lambda_{cm}} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{11886,93} + \frac{0,002}{58,15} + \frac{1}{93,62}} = 92,59 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$$

де  $\lambda$  - коефіцієнт теплопровідності стінки змійовика (сталі).  $\lambda_{cm} = 58,15 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{град})$

Визначимо поверхню нагріву змійовика:

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{37600}{55,9 \cdot 50} = 13,45 \text{ м}^2$$

де  $Q$  - кількість тепла, яка передається маслу від стінки змійовики при умові, що нагрів проводиться на протязі 0,5ч.

$$Q = \frac{67681}{0,5 \cdot 3600} = 37600 \text{ КВт}$$

Середня логарифмічна різниця температур

$$\Delta t_{cp} = \frac{(t_{нас} - t'_m) - (t_{нас} - t''_m)}{2,31 \lg \left( \frac{t_{нас} - t'_m}{t_{нас} - t''_m} \right)} = \frac{(58 - 15) - (142,9 - 130)}{2,31 \lg \left( \frac{142,9 - 15}{142,9 - 130} \right)} = 170 \text{ град}$$

При діаметрі змійовика  $d = 0,055 \text{ м}$  довжина труб змійовика

$$L = \frac{F}{\pi \cdot d} = \frac{13,45}{3,14 \cdot 0,055} = 77,88 \text{ м}$$

При діаметрі змійовика  $D = 0,55 \text{ м}$  число витків змійовика

$$n = \frac{L}{\pi \cdot D} = \frac{77,88}{3,14 \cdot 0,55} = 45 \text{ витка}$$

Приймаємо  $n = 45$  витка. Тоді поверхня нагріву змійовика

$$F_3 = \pi^2 d D n = 3,14 \cdot 0,055 \cdot 3,14 \cdot 0,55 \cdot 45 = 9,54 \text{ м}^2$$

Простерилізоване масло остуджують протягом 30 хвилин в стерилізаторі до 35 градусів за Цельсієм напрямом подачі в змійовик води. К-сть тепла яка відводиться водою.

$$Q' = \frac{100 - 3}{100} \cdot V_{M.cym} \cdot \rho \cdot c \cdot (t''_M - t_2) = 0,97 \cdot 0,05 \cdot 910 \cdot 2,093 (130 - 35) = 8776 \text{ КДж}$$

Витрата води на охолодження масла:

$$G_B = \frac{Q'}{(t_2 - t_1)c} = \frac{8776}{(25 - 15) \cdot 4,186} = 210 \text{ кг}$$

де  $t_1$  і  $t_2$  - температура води при вході в змійовик і при виході із змійовика;  $t_1 = 15$  і  $t_2 = 25^\circ \text{C}$

Коефіцієнт тепловіддачі від масла до стінки змійовики  $\alpha_1$ , що вираховується по такій же ж формулі, що і коефіцієнт тепловіддачі від і

коефіцієнт тепловіддачі від стінки змійовика до масла  $\alpha_2$ :

$$\alpha_1 = C \operatorname{Re}^n \operatorname{Pr}^{0.4} = 0,715 \cdot 1471,71^{0.46} \cdot 30,6^{0.4} \cdot 1,163 = 93,62 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{град}}$$

Значення констант С і n приймаємо з таблиці 18 в залежності від значення Re:

$$\operatorname{Re} = \frac{\omega \cdot d \cdot \gamma}{\mu \cdot g} = \frac{0,075 \cdot 0,055 \cdot 910}{0,00026 \cdot 9,81} = 1471,71$$

де  $\mu$  - коефіцієнт динамічної в'язкості масла; при середній температурі  $72,5^\circ \text{C}$

$$\mu = 0,00026 \frac{\text{кг} \cdot \text{сек}}{\text{м}^2}$$

Критерій Прандтля:

$$\operatorname{Pr} = \frac{3600 \cdot \mu \cdot c \cdot g}{\lambda} = \frac{3600 \cdot 0,00026 \cdot 0,5 \cdot 9,81}{0,15} = 30,6$$

Визначимо значення Re при русі охолоджувальної води в змійовику:

$$\operatorname{Re} = \frac{\omega \cdot d \cdot \gamma}{\mu \cdot g} = \frac{0,57 \cdot 0,051 \cdot 998}{0,000102 \cdot 9,81} = 29148,59$$

$2300 < \operatorname{Re} < 10000$  згідно. Режим руху води в змійовику – турбулентний. Швидкість руху води в змійовику:

$$\omega = \frac{G_B}{\rho \cdot f \cdot 3600} = \frac{420}{998 \cdot 0,00204 \cdot 3600} = 0,57 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$$

де  $G_B$  - годинна витрата води для охолодження води:  $G_B = 210 \cdot 2 = 420 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$

$\mu$  - динамічна в'язкість охолоджувальної води при середній температурі  $20^\circ \text{C}$ ;

$$\mu = 0,000102 \frac{\text{кг} \cdot \text{сек}}{\text{м}^2}$$

$\rho$  - щільність води; при середній температурі  $t_{cp} = \frac{25 + 15}{2} = 20^\circ \text{C}$   $\rho = 998 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ;

Поперечний переріз трубок змійовика при внутрішньому діаметрі трубки

$$d = 0,051 \text{ м}$$

$$f = \frac{3,14 \cdot 0,051^2}{4} = 0,00204 \text{ м}^2$$

Коефіцієнт тепловіддачі від стінки змійовика до охолоджувальної води для перехідного режиму руху:

$$\operatorname{Nu} = K_0 \cdot \operatorname{Pr}^{0.43} \left( \frac{\operatorname{Pr}}{\operatorname{Pr}_{CY}} \right)^{0.25} = 23,25 \cdot 7,07^{0.43} \cdot \left( \frac{7,07}{2,38} \right)^{0.25} = 70,6$$

де  $K_0$  - коефіцієнт який враховує вплив на коефіцієнт тепловіддачі комплексу факторів;  $K_0 = f(Re)$ ; приймаємо при  $Re=29148,6$ ;  $K_0 = 23,25$ .

Критерій Прандтля охолоджувальної води при середній температурі  $20^\circ C$

$$Pr = \frac{3600 \cdot \mu \cdot c \cdot g}{\lambda} = \frac{3600 \cdot 0,000102 \cdot 1,004 \cdot 9,81}{0,515} = 7,07$$

де  $\mu$  - динамічна в'язкість охолоджувальної води при середній температурі  $20^\circ C$

$$; \mu = 0,000102 \text{ кг} \cdot \text{сек} / \text{м}^2$$

$c$  – теплоємність води; при  $t_{cp} = 20^\circ C$

$\lambda$  - коефіцієнт теплопровідності води; при температурі  $t_{cp} = 20^\circ C$

$$\lambda = 0,515 \text{ ккал} / (\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град})$$

Середня температура охолоджувального масла:

$$t_{m,cp} = \frac{130 + 35}{2} = 82,5^\circ C$$

Середня температура стінки змійовика зі сторони масла  $75^\circ C$ . Температура стінки змійовика зі сторони охолоджувальної води:

$$\frac{d_2}{d_1} = \frac{55}{51} < 2$$

де  $d_1$  і  $d_2$  - зовнішній і внутрішній діаметр трубки змійовика;  $d_1 = 55$  і  $d_2 = 51 \text{ мм}$ .

При цих умовах кривизна стінки має незначний вплив на тепловий потік і їм можна знехтувати.

Питомий тепловий потік через стінку змійовика:

$$q = \frac{2Q}{F} = \frac{2 \cdot 8776}{13,45} = 1305 \text{ Вт} / \text{м}^2$$

де  $Q$  – кількість тепла, що передається через поверхню.

$F$  – поверхня змійовика, через яку передається тепло.

Так як питомий тепловий потік через стінку змійовика:

$$q = \frac{\lambda}{\delta} (t_1 - t_2)$$

то температура стінки зі сторони води:

$$t_2 = t_1 - \frac{q\delta}{\lambda} = 75 - \frac{1305 \cdot 0,002}{58,15} = 45^\circ \text{C}$$

де  $t_1$  - температура стінки зміювика зі сторони масла.

$\delta$  - товщина стінки зміювика.

Значення критерія Прандтля для води при  $t_2 = 45^\circ \text{C}$

$$\text{Pr} = \frac{3600 \cdot \mu \cdot c \cdot g}{\lambda} = \frac{3600 \cdot 0,0000389 \cdot 1,0065 \cdot 9,81}{0,577} = 2,38$$

З отриманого значення Nu визначимо коефіцієнт тепловіддачі від стінки до охолоджувальної води:

$$\text{Nu} = \frac{\alpha_2 d}{\lambda}$$

$$\alpha_2 = \frac{\text{Nu} \cdot \lambda}{d} = \frac{70,6 \cdot 0,598}{0,051} = 827,82 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$$

Поправочний коефіцієнт, що уточнює вплив кривизни труби. По якій протікає охолоджувальна вода:

$$\varepsilon = 1 + 1,77 \cdot \frac{d}{R} = 1 + 1,77 \cdot \frac{0,055}{0,55} = 1,177$$

де  $d$  і  $R$  – зовнішній діаметр трубки зміювика і радіус зміювика по осьовій ліній.

З урахуванням поправки коефіцієнт тепловіддачі:

$$\alpha'_2 = \varepsilon \cdot \alpha_2 = 1,177 \cdot 827,82 = 974,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$$

Потрібна поверхня для охолодження піногасника на протязі 0,5 год

$$F = \frac{2Q}{k \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{2 \cdot 2100}{54,5 \cdot 51} = 1,51 \text{ м}^2$$

Розрахункова поверхня зміювика, що забезпечує нагрівання масла,  $2,05 \text{ м}^2$  забезпечує також охолодження його на протязі 30 хв.

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{93,62} + \frac{0,002}{50} + \frac{1}{827,82}} = 83,83 \text{ ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град})$$

$$\text{Сере дня логарифмічна різниця температур: } \Delta t_{cp} = \frac{(130 - 25) - (35 - 15)}{2,3 \lg \frac{130 - 25}{35 - 15}} = 51 \text{ град}$$

### 3. Технологія виготовлення окремої деталі

Для розробки технологічного маршруту була обрана деталь типу «Кришка».

**Технологічний маршрут виготовлення деталі типу «Кришка»**

НУХТ		Технічне уздждження		ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА			Статус документа		
Номер Власник документа Гріданов М.Е		Назва операції, Розробник документа Гріданов М.Е		Назва додаткової назва Технологія виготовлення окремої деталі		200396.ДП.42.000.ПЗ			
		Документ зптверджено				Інд. зміни	Дата видання	Мова ///	Арки 31



	l=110мм, начорно Ø340	T15K6, $\varphi = 45^\circ$ , $\gamma = 10^\circ$ , $\alpha = 8^\circ$ ; B*N*L = 16*25*140мм ШЦ1
30.3	Розточити пов.4 на l=Ø135 Розточити пов.4 на l=35мм, начорно Ø135	Різець розточувальний для глухих отворів , T15K6 ,B*N*L=16*16*140мм ШЦ1 Різець розточувальний для глухих отворів , T15K6, B*N*L=16*16*140мм ШЦ1
40	Свердлильна УЗЗ	Вертикально – свердлильний верстат 2А15 Кондуктор
40.1	Свердлити 4 отвори під Ø24Н10 пов.1	Свердло Ø10 Р6М5
40.2	Свердлити 4 отвори під Ø24Н10 пов.1	Свердло Ø24 Р6М5
50	Токарна УЗЗ	Токарно-гвинторізний верстат 16К40 спеціальний пристрій
50.1	Торцювати пов.1 Начисто Ø710	Різець прохідний відвігнутий правий, T15K6, $\varphi = 45^\circ$ , $\gamma = 10^\circ$ , $\alpha = 8^\circ$ ; B*N*L = 16*25*140мм ШЦ1
50.2	Торцювати пов.2 L=145 340	Різець прохідний відвігнутий правий, T15K6, $\varphi = 45^\circ$ , $\gamma = 10^\circ$ , $\alpha = 8^\circ$ ; B*N*L = 16*25*140мм ШЦ1
50.3	Точити пов.3 на l=110мм, начисто Ø340	Різець прохідний відвігнутий правий, T15K6, $\varphi = 45^\circ$ , $\gamma = 10^\circ$ , $\alpha = 8^\circ$ ; B*N*L = 16*25*140мм ШЦ1
50.4	Розточити пов. 4 на l=35мм, начорно Ø135Н7	Різець розточувальний для глухих оторів, T15K6, B*N*L = 16*16*140мм ШЦ1
50.5	Розточити пов. 4 на l=35мм, начорно Ø135Н7	Різець розточувальний для глухих оторів, T15K6, B*N*L = 16*16*140мм ШЦ1

50.6	Розточити пов. 5 на l=65мм, начорно Ø180H8	Різець розточувальний для глухих оторів, Т15К6, В*Н*L = 16*16*140мм ШЦ1
50.7	Розточити пов. 5 на l=65мм, начисто Ø180H8	Різець розточувальний для глухих оторів, Т15К6, В*Н*L = 16*16*140мм калібр пробки
50.8	Зняти фаску 1,6x45 пов. 6	Різець прохідний відвігнутий правий, Т15К6, φ = 45°, γ = 10°, α = 8°; В*Н*L = 16*25*140мм ШЦ1
60	Свердлильна УЗЗ	Вертикально – свердлильний верстат 2А15 Кондуктор
60.1	Свердлити 4 отвори під Ø14М16 пов.1	Свердло Ø15,5 Р6М5 ШЦ1
60.2	Нарізати різьбу М16-7Н L=40мм	Метчик М16-7Н Р6М5 Різьбовий калібр пробки

### Розрахунок припусків

Розмір , за яким ведемо розрахунок -  $\text{⌀ } 135 \text{ H7}$

Поверхня обробляється чистовим та чорновим точінням

1.Припуск на чистове точіння

$$Z_{2min} = R_{z1} + D_1 + \sqrt{T_{pp1^2} + \varepsilon_{y2^2}}$$

$R_{z1} = 20 \text{ мкм}$  – висота мікронерівностей

$D_1 = 40 \text{ мкм}$  –глибина дефективного шару

$T_{pp1} = 100 \text{ мкм}$  – сумарне значення просторових похибок

$\varepsilon_{y2} = 100 \text{ мкм}$  – похибка устанавлення деталі

$$Z_{2min} = R_{z1} + D_1 + \sqrt{T_{pp1^2} + \varepsilon_{y2^2}} \quad Z_{2min}=201.421$$

$$Z_{2max} = Z_{2min} + T_1 - T_2$$

$$T_1 = IT10 \quad T_1 = 84 \text{ мкм}$$

$$T_2 = IT8 \quad T_2 = 33 \text{ мкм}$$

$$Z_{2max} = Z_{2min} + T_1 - T_2 \quad Z_{2max} = 252.421 \text{ мкм}$$

$$Z_{2ном} = \frac{Z_{2max} + Z_{2min}}{2} \quad Z_{2ном} = 226.921 \text{ мкм}$$

2. Припуск на чорнове точіння

$$Z_{1min} = R_{z0} + D_0 + \sqrt{T_{пр0^2} + \varepsilon_{y1^2}} \quad Z_{1min} = 1.615 * 10^3 \text{ мкм}$$

$$Z_{сум} = Z_{2ном} + Z_{1min} \quad Z_{сум} = 1.842 * 10^3 \text{ мкм}$$

Приймаємо сумарний припуск  $Z_{сум} = 2000 \text{ мкм}$   $Z_{сум} = 2.0 \text{ мм}$

### Розрахунок режимів різання

#### 20.Токарна Операція

Перехід 20.1 Торцювати пов.1  $D_{зар} = 710 \text{ мм}$

1.Глибина різання  $t=2.0 \text{ мм}$

2.Вибираємо подачу з рекомендованого діапазона  $0,2-0,5 \text{ мм/об}$  , узгоджуючи з паспортними даними верстата  $16K20 S_B = 0.5 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$

3.Обираємо залежність для визначення швидкості різання і вихначаємо емпіричну швидкість різання

$C_v = 270$  – коефіцієнт , що враховує умови різання

$T=120 \text{ хв}$  – період стійкості інструмента

$$V = \frac{C_v}{T^{0.1} * t^{0.15} * S_B^{0.35}} \quad V=192.155 \frac{\text{мм}}{\text{хв}}$$

4. Частота обертання шпинделя розрахункова  $n_p = \frac{1000 * V}{\pi * D_{зар}} \quad n_p = 86.191 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$

5. Узгоджуємо обертання шпинделя з паспортними даними верстата  $n_B = 100 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$

6.Фактична швидкість різання  $V_d = \frac{\pi * D_{зар} * n_B}{1000} \quad V_d = 223.94 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$

7.Довжина обробки  $L_d = 41 \text{ мм}$

8.Основний час  $t_{02} = \frac{L_d}{n_B * S_B} \quad t_{02} = 0.82 \text{ хв}$

9.Допоміжний час  $t_{d2} = 0.7 \text{ хв}$

10. Час виконання переходу  $T_{оп2} = t_{02} + t_{d2} \quad T_{оп2} = 1.52 \text{ хв}$

Перехід 20.2

Точити заготовку пов.2 начорно  $D_{\text{заг}} = 710$  мм

1.Глибина різання  $T=1.5$  мм

2.Вибираємо з рекомендованого діапазона  $0,2-0,5$  мм/об , узгоджуючи з паспортними даними верстата 16К20:  $S_B = 0.5 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$

3.Обираємо залежність для визначення швидкості різання і визначаємо швидкість різання

$C_v = 270$  - коефіцієнт , що враховує умови різання

$T=120$  хв – період стійкості інструмента

$$V = \frac{C_v}{T^{0.1} * t^{0.15} * S_B^{0.35}} \quad V=200.628 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

4.Частота обертання шпинделя розрахункова:  $n_p = \frac{1000 * V}{\pi * D_{\text{заг}}} \quad n_p = 89.99 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$

5.Узгоджуємо частоту обертання шпинделя з паспортними даними верстата

$$n_B = 85 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

6.Фактична швидкість різання:  $V_D = \frac{\pi * D_{\text{заг}} * n_B}{1000} \quad V_D = 189.499 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$

7.Довжина обробки:  $L_D = 41$  мм

8.Основний час:  $t_{02} = \frac{L_D}{n_B * S_B} \quad t_{02}=0.965$  хв

9.Допоміжний час:  $t_{d2} = 0.7$  хв

10. Час виконання переходу:  $T_{0n2} = t_{02} + t_{d2} \quad T_{0n2} = 1.665$  хв

Перехід 20.3

Точити заготовку пов.2 начисто:  $D_{\text{заг}} = 710$  мм

1.Глибина різання:  $t=0.5$  мм

2.Вибираємо подачу з рекомендованого діапазона  $0,2-0,5$  мм/об , узгоджуючи

з паспортними даними верстата 16К20:  $S_B = 0.5 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$

3.Обираємо залежність для швидкості різання і визначаємо емпіричну швидкість різання

$C_v = 270$  – коефіцієнт , що враховує умови різання

$T=120$  хв – період стійкості інструмента

$$V = \frac{C_v}{T^{0.1} * t^{0.15} * S_B^{0.35}} = 236.571 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

4. Частота обертання шпинделя розрахункова:  $n_p = \frac{1000 * V}{\pi * D_{заг}}$   $n_p = 106.06 \frac{об}{хв}$

5. Узгоджуємо частоту шпинделя з паспортними даними верстата:  $n_B = 100 \frac{об}{хв}$

6. Фактична швидкість різання:  $V = \frac{\pi * D_{заг} * n_B}{1000}$   $V_d = 223.053 \frac{м}{хв}$

7. Довжина обробки:  $L_d = 41$  мм

8. Основний час:  $t_{02} = \frac{L_d}{n_B * S_B}$   $t_{02} = 0.82$  хв

9. Допоміжний час:  $t_{д2} = 0.7$  хв

10. Час виконання переходу:  $T_{оп2} = t_{02} + t_{д2}$   $T_{оп2} = 1.52$  хв

Перехід 20.4

Зняти фаску 1,6x45°

Визначаємо основний час на виконання переходу за розміром фаски і беремо цей час як операційний:  $t_0 = 0.2$  хв.

Загальний операційний час:  $T_{заг} = 9.106 + 1.665 + 1.624 + 0.2$   $T_{заг} = 12.595$  хв

Час на обслуговування робочого місця, перериви, відпочинок і природні

потреби:  $T_{об_пп} = \frac{2.5 + 4.0 * T_{заг}}{100} = 0.529$  хв

Штучний час:  $T_{шт} = T_{заг} + T_{об_пп} = 13.124$  хв

Підготовчо – завершу вальний час:  $T_{пз} = 17$  хв

Кількість деталей у серії:  $n_c = 500$  шт/зміну

Калькуляційний час:  $T_k = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n_c} = 13.158$  хв

Норма виробітку за 1 год:  $N = \frac{60}{T_k} = 4.56$  шт

Перехід 20.4

Зняти фаску 1,6\*45°

Визначаємо основний час на виконання переходу за розміром фаски і беремо цей час операційний:  $t_0 = 0.2$  хв

Загальний операційний час:  $T_{заг} = 9.106 + 1.665 + 1.624 + 0.2$   $T_{заг} = 12.595$  хв

Час обслуговування робочого місця, перерви, відпочинок і природні потреби

$T_{об_пп} = \frac{2.5 + 4.0 + T_{заг}}{100} = 0.529$  хв

Штучний час:  $T_{шт} = T_{заг} + T_{об\_пп} = 13.124$  хв

Підготовчо – завершу вальний час:  $T_{пз} = 17$  хв

Кількість деталей у серії:  $n_c = 500$  шт/зміну

Калькуляційний час:  $T_k = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n_c} = 13.158$  хв

Норма виробітку за 1 год:  $N = \frac{60}{T_k} = 4.56$  шт Приймаємо.

### 30. Токарна операція

Перехід 30.1 Торцювати пов.1  $D_{заг} = 340$  мм

1.Глибина різання  $t=2.0$  мм

2.Вибираємо подачу рекомендованого діапазона 0,2-0,5 мм/об , узгоджуючи

з паспортними даними верстата 16К20:  $S_B=0.5 \frac{мм}{об}$

3.Обираємо залежність для визначення швидкості різання і визначаємо емпіричну швидкість різання  $C_v = 270$  – коефіцієнт , що враховує умови різання  $T=120$  хв період стійкості інструмента

$$V = \frac{C_v}{T^{0.1} * t^{0.15} * S_B^{0.35}} = 192.155 \frac{мм}{хв}$$

4. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{заг}} = 179.897 \frac{об}{хв}$$

6. За прийнятими значенням визначаємо фактичну швидкість різання :

$$V_{ф} = \frac{\pi \cdot D_{заг} \cdot n_{в}}{1000} = 192.265 \frac{м}{хв}$$

7.Довжина обробки:  $L_d = 174$  мм

8. Основний час:  $t_{01} = \frac{L_d}{n_B * S_B} = 0.856$

9.Допоміжний час:  $t_{д1} = 0.4$  хв

10. Час переходу:  $T_{оп1} = t_{01} + t_{д1} = 1.256$  хв

Перехід 30.2

Точити заготовку пов.2 начорно  $D_{заг} = 340$  мм

1.Глибина різання  $t=2.0$  мм

2.Вибираємо подачу з рекомендованого діапазона 0,2-0,5 мм/об , узгоджуючи з паспортними даними верстата 16К20  $S_B = 0.5 \frac{мм}{об}$

3.Обираємо залежність для визначення

$C_v = 270$  - коефіцієнт , що враховує умови різання

$T=120$  хв – період стійкості інструмента

$$V = \frac{C_v}{T^{0.1} * t^{0.15} * S_B^{0.35}} = 192.155 \frac{\text{М}}{\text{хв}}$$

4.Частота обертання шпинделя розрахункова  $n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{\text{заг}}} = 179.897 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$

5.Узгоджуємо частоту обертання шпинделя з паспортними даними верстата

$$n_B = 180 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

6.Фактична швидкість різання  $V_d = \frac{\pi \cdot D_{\text{заг}} \cdot n_B}{1000} = 192.265 \frac{\text{М}}{\text{хв}}$

7.Довжина обробки  $L_d = 117$  мм

8.Основний час  $t_{02} = \frac{L_d}{n_B * S_B} = 1.278$  хв

9.Допоміжний час  $t_{d2} = 0.7$  хв

10.Час виконання переходу  $T_{\text{оп2}} = t_{02} + t_{d2} = 1.978$  хв

Загальний операційний часна обслуговування робочого місця , перерви ,

відпочинок і природні потреби:  $T_{\text{об_пп}} = \frac{2.5 + 4.0 * T_{\text{заг}}}{100} = 0.154$  хв

Штучний час  $T_{\text{шт}} = T_{\text{заг}} + T_{\text{об_пп}} = 3.388$  хв

Підготовчо завершу вальний час  $T_{\text{пз}} = 17$  хв

Кількість деталей у серії  $n_c = 500$  шт/зміну

Калькуляційний час  $T_k = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n_c} = 3.422$  хв

Норма виробітку за 1 год  $N = \frac{60}{T_k} = 17.532$  шт

Приймаємо  $N=17$  шт

#### 40. Свердлильна операція

Перехід 40.1 свердлити 4 отвори  $\text{O}10$   $d_{\text{св}} = 10$  мм

1.глибина різання  $t = \frac{d_{\text{св}}}{2} = 5$  мм

2.Обираємо подач , узгоджуючи з паспортними даними верстата  $S=0.15 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$

3.Обираємо величину для обчислення швидкості різання і обчислюємо її

$$T=25 \text{ хв}$$

$$V = \frac{12.1 * d_{\text{CB}}^{0.3}}{T^{0.6} * t^{0.2} * S^{0.65}} = 8.705 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

4. розрахункова частота обертання шпинделя  $n = \frac{1000 * V}{\pi * d_{\text{CB}}} = 277.088 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$

Узгоджуємо частоту обертання шпинделя з паспортними даними верстата

$$n = 260 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

5. дійсна швидкість обертання шпинделя  $V_{\text{д}} = \frac{\pi * d_{\text{CB}} * n}{1000} = 8.168 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$

6. Довжина обробки  $L_{\text{д}} = 41 \text{ мм}$

7. Основний час виконання переходу  $t_0 = \frac{L_{\text{д}}}{n * S} = 1.051 \text{ мм}$

8. Допоміжний час  $t_{\text{д1}} = 0.3 \text{ хв}$

9. Операційний час  $T_{\text{оп}} = 4 * (t_0 + t_{\text{д1}}) = 5.405 \text{ хв}$

перехід 40.2 свердли 4 отвір  $\text{⊙} 24 d_{\text{CB}} = 24 \text{ мм}$

1. Глибина різання  $t = \frac{d_{\text{CB}}}{2} = \frac{24-10}{2} = 7 \text{ мм}$

2. Обираємо подачу, узгоджуючи даними верстата  $S = 0.15 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$

3. Обираємо величину для обчислення швидкості різання і обчислюємо її

$$T=25 \text{ хв}$$

$$V = \frac{12.1 * d_{\text{CB}}^{0.3}}{T^{0.6} * t^{0.2} * S^{0.65}} = 9.501 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

4. розрахункова частота обертання шпинделя  $n = \frac{1000 * V}{\pi * d_{\text{CB}}} = 126.017 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$

Узгоджуємо частоту обертання шпинделя з паспорт. даними верстата  $n=120$

5. Дійсна швидкість обертання шпинделя  $V_{\text{д}} = \frac{\pi * d_{\text{CB}} * n}{1000} = 9.048 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$

6. Довжина обробки  $L_{\text{д}} = 41 \text{ мм}$

7. Основний час виконання переходу  $t_0 = \frac{L_{\text{д}}}{n * S} = 2.278 \text{ мм}$

8. Допоміжний час  $t_{\text{д1}} = 0.3 \text{ хв}$

9. Операційний час  $T_{\text{оп}} = 4 * (t_0 + t_{\text{д1}}) = 10.311 \text{ хв}$

Час обертання робочого місця, перерви, відпочинок і природні потреби

$$T_{об\_пп} = \frac{1.5+6.0*15.716}{100} = 0.958 \text{ хв}$$

$$\text{Штучний час } T_{шт} = 15.716 + T_{об\_пп} = 16.674 \text{ хв}$$

$$\text{Підготовчо – завершувальний час } T_{пз} = 4 \text{ хв}$$

$$\text{Кількість деталей у серії } n_c = 100 \text{ шт/зміна}$$

$$\text{Калькуляційний час } T_k = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n_c} = 16.714 \text{ хв}$$

$$\text{Норма аиробітку за 1 год } N = \frac{60}{T_k} = 3.59 \text{ шт}$$

Приймаємо  $N=3$  шт

## 50. Токарна операція

Перехід 50.1 Торцювати пов.1  $D_{заг} = 340$  мм

1. Глибина різання  $t=2.0$  мм

2. Вибираємо подачу з рекомендованого діапазона  $0,2-0,5$  мм/об , узгоджуючи з паспортними даними верстата 16К20  $S_B = 0.5 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$

3. Обираємо величину для обчислення швидкості різання і обчислюємо її  $C_v = 270$  - коефіцієнт , що враховує умови різання

$T = 120$  хв – період стійкості інструмента

$$V = \frac{C_v}{T^{0.1} + t^{0.15} + S_B^{0.35}} = 192.155 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

4. Частота обертання шпинделя  $n_p = \frac{1000*V}{\pi*D_{заг}} = 179.897 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$

5. Узгоджуємо частоту обертання шпинделя з паспортними даними верстата

$$n_B = 180 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

6. Фактична швидкість різання  $V_d = \frac{\pi*D_{заг}}{1000} = 192.265 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$

7. Довжина обробки  $L_d = 174$  мм

8. Основний час  $t_{01} = \frac{L_d}{n_B*S_B} = 0.856$  хв

9. Допоміжний час  $t_{д1} = 0.4$  хв

10. Час виконання переходу  $T_{оп1} = t_{01} + t_{д1} = 1.256$  хв

Перехід 50.2 Торцювати пов.2  $D_{заг} = 710$  мм

1. Глибина різання  $t=2.0$  мм

2.Вибираємо подачу з рекомендованого діапазона 0,2-0,5 мм/об , узгоджуючи з паспортними даними верстата 16К20  $S_B = 0.5 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$

3. Обираємо величину для обчислення швидкості різання і обчислюємо її  $C_v = 270$  – коефіцієнт , що враховує умови різання

$T = 120 \text{ хв}$  – період стійкості інструмента

$$V = \frac{C_v}{T^{0.1} + t^{0.15} + S_B^{0.35}} = 189.595 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

4.Частота обертання шпинделя розрахункова  $n_p = \frac{1000 * V}{\pi * D_{\text{зар}}} = 86.148 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$

5.Узгоджуємо частоту обертання шпинделя з паспортними даними верстата

$$n_B = 85 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

6.Фактична швидкість різання  $V_d = \frac{\pi * D_{\text{зар}} * n_B}{1000} = 189.595 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$

7.Довжина обробки  $L_d = 377 \text{ мм}$

8.Основний час  $t_{01} = \frac{L_d}{n_B * S_B} = 8.871 \text{ хв}$

9. Допоміжний час  $t_{d1} = 0.4 \text{ хв}$

10. Час виконання переходу  $T_{\text{оп1}} = t_{01} + t_{d1} = 9.271 \text{ хв}$

Перехід 50.3

Точити заготовку пов.3 начисто  $D_{\text{зар}} = 340 \text{ мм}$

1.Глибина різання  $t=0.5 \text{ мм}$

2.Вибираємо подачу з рекомендованого діапазона 0,2-0,5 мм/об , узгоджуючи з паспортними даними верстата 16К20  $S_B = 0.5 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$

3. Обираємо величину для обчислення швидкості різання і обчислюємо емпіричну формулу

$C_v = 270$  – коефіцієнт , що враховує умови різання

$T=120 \text{ хв}$  – період стійкості інструмента

$$V = \frac{C_v}{T^{0.1} + t^{0.15} + S_B^{0.35}} = 235.571 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

4.Частота обертання шпинделя розрахункова  $n_p = \frac{1000 * V}{\pi * D_{\text{зар}}} = 221.479 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$

5. Узгоджуємо частоту обертання шпинделя з паспортними даними верстата

$$n_B = 220 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

6. Фактична швидкість різання  $V_d = \frac{\pi * D_{\text{заг}} * n_B}{1000} = 234.991 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$

7. Довжина обробки  $L_d = 115 \text{ мм}$

8. Основний час  $t_{02} = \frac{L_d}{n_B * S_B} = 1.045 \text{ хв}$

9. Допоміжний час  $t_{дк} = 0.7 \text{ хв}$

10. Час виконання переходу  $T_{\text{оп2}} = t_{02} + t_{д2} = 1.745 \text{ хв}$

Перехід 50.4

Розпочати заготовку пов.4 начорно  $D_{\text{заг}} = 135 \text{ мм}$

1. Глибина різання  $t = 1.5 \text{ мм}$

2. Вибираємо подачу з рекомендованого діапазона 0,2-0,5 мм/об, узгоджуючи з

паспортними даними верстата 16К20  $S_B = 0.5 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$

3. Обираємо величину для обчислення швидкості різання і обчислюємо емпіричну формулу

$C_v = 270$  – коефіцієнт, що враховує умови різання

$T = 120 \text{ хв}$  – період стійкості інструмента

$$V = \frac{C_v}{T^{0.1} + t^{0.15} + S_B^{0.35}} = 200.628 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

4. Частота обертання шпинделя з паспортними даними верстата

$$n_p = \frac{1000 * V}{\pi * D_{\text{заг}}} = 473.052 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

5. Узгоджуємо частоту обертання шпинделя з паспортними даними верстата

$$n_B = 450 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

6. Фактична швидкість різання  $V_d = \frac{\pi * D_{\text{заг}} * n_B}{1000} = 190.852 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$

7. Довжина обробки  $L_d = 41 \text{ мм}$

8. Основний час  $t_{02} = \frac{L_d}{n_B * S_B} = 0.182 \text{ хв}$

9. Допоміжний час  $t_{д2} = 0.7 \text{ хв}$

10. Час виконання переходу  $T_{\text{оп2}} = t_{02} + t_{д2} = 0.882 \text{ хв}$

## Перехід 50.5

Розточити заготовку пов.4 начисто  $D_{\text{заг}} = 135$  мм

1.Глибина різання  $t=0.5$  мм

2. Вибираємо подачу з рекомендованого діапазона 0,2-0,5 мм/об , узгоджуючи з паспортними даними верстата 16К20  $S_B = 0.5 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$

3.Обираємо величину для обчислення швидкості різання і обчислюємо емпіричну формулу

$C_v = 270$  – коефіцієнт , що враховує умови різання

$T=120$  хв – період стійкості інструмента

$$V = \frac{C_v}{T^{0.1} + t^{0.15} + S_B^{0.35}} = 236.571 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

4.Частота обертання шпинделя з паспорт.даними верстата

$$n_p = \frac{1000 * V}{\pi * D_{\text{заг}}} = 557.798 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

6.Фактична швидкість різання  $V_d = \frac{\pi * D_{\text{заг}} * n_B}{1000} = 233.263 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$

7. Довжина обробки  $L_d = 80$  мм

8.Основний час  $t_{02} = \frac{L_d}{n_B * S_B} = 0.149$  хв

9.Допоміжний час  $t_{d2} = 0.7$  хв

10.Час виконання переходу  $T_{\text{оп2}} = t_{02} + t_{d2} = 0.849$  хв

## Перехід 50.6

Розточити заготовку пов.5 начорно  $D_{\text{заг}} = 180$  мм

1.Глибина різання  $t=1.5$  мм

2. Вибираємо подачу з рекомендованого діапазона 0,2-0,5 мм/об , узгоджуючи з паспортними даними верстата 16К20  $S_B = 0.5 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$

3. Обираємо величину для обчислення швидкості різання і обчислюємо емпіричну формулу

$C_v = 270$  – коефіцієнт , що враховує умови різання

$T=120$  хв – період стійкості інструмента

$$V = \frac{C_v}{T^{0.1} + t^{0.15} + S_B^{0.35}} = 200.628 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

4. Частота обертання шпинделя з паспортними даними верстата

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{\text{зар}}} = 350 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

6. Фактична швидкість різання  $V_d = \frac{\pi \cdot D_{\text{зар}} \cdot n_B}{1000} = 197.92 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$

7. Довжина обробки  $L_d = 76 \text{ мм}$

8. Основний час  $t_{02} = \frac{L_d}{n_B \cdot S_B} = 0.4 \text{ хв}$

9. Допоміжний час  $t_{d2} = 0.7 \text{ хв}$

10. Час виконання переходу  $T_{\text{оп2}} = t_{02} + t_{d2} = 1.1 \text{ хв}$

Перехід  $50.7 D_{\text{зар}} = 180 \text{ мм}$

1. Глибина різання  $t = 0.5 \text{ мм}$

2. Вибираємо подачу з рекомендованого діапазона 0,2-0,5 мм/об, узгоджуючи з паспортними даними верстата 16К20  $S_B = 0.5 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$

3. Обираємо величину для обчислення швидкості різання і обчислюємо емпіричну формулу

$C_v = 270$  – коефіцієнт, що враховує умови різання

$T = 120 \text{ хв}$  – період стійкості інструмента

$$V = \frac{C_v}{T^{0.1} + t^{0.15} + S_B^{0.35}} = 236.571 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

4. Частота обертання шпинделя з паспорт. даними верстата

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{\text{зар}}} = 418.349 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

6. Фактична швидкість різання  $V_d = \frac{\pi \cdot D_{\text{зар}} \cdot n_B}{1000} = 214.885 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$

7. Довжина обробки  $L_d = 76 \text{ мм}$

8. Основний час  $t_{02} = \frac{L_d}{n_B \cdot S_B} = 0.368 \text{ хв}$

9. Допоміжний час  $t_{d2} = 0.7 \text{ хв}$

10. Час виконання переходу  $T_{\text{оп2}} = t_{02} + t_{d2} = 1.068 \text{ хв}$

Загальний операційний час

$$T_{\text{зар}} = 1.256 + 9.271 + 1.745 + 1.882 + 0.849 + 1.1 + 1.068 + 0.2$$

$$T_{\text{зар}} = 17.371 \text{ хв}$$

Час на обслуговування робочого місця , перерви , відпочинок і природні потреби

$$T_{об\_пп} = \frac{2.5+4.0*T_{заг}}{100} = 0.72 \text{ хв}$$

$$\text{Штучний час } T_{шт} = T_{заг} + T_{об\_пп} = 18.091 \text{ хв}$$

$$\text{Підготовчо – завершу вальний час } T_{пз} = 17 \text{ хв}$$

$$\text{Кількість деталей у серії } n_c = 500 \text{ шт/зміну}$$

$$\text{Калькуляційний час } T_k = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n_c} = 18.125 \text{ хв}$$

$$\text{Норма виробітку за 1 год } N = \frac{60}{T_k} = 3.31 \text{ шт}$$

Приймаємо  $N=3$  ш

### 60. Свердлильна операція

Перехід 60.1 свердлити 4 отвори  $\text{O}14$   $d_{св} = 14$  мм

$$1. \text{Глибина різання } t = \frac{d_{св}}{2} = 7 \text{ мм}$$

2. Обираємо подачу , узгоджуючи з паспортними даними верстата  $S=0.15$  мм

3. Обираємо величину для обчислення швидкості різання і обчислюємо її

$$T=25 \text{ хв}$$

$$V = \frac{12.1 * d_{св}^{0.3}}{T^{0.6} * t^{0.2} * S^{0.65}} = 9.095 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

$$4. \text{Розрахункова частота обертання шпинделя } n = \frac{1000 * V}{\pi * d} = 186.775 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Узгоджуємо частоту обертання з паспортними даними верстата  $n=180$  об/хв

$$5. \text{Дійсна швидкість обертання шпинделя } V_d = \frac{\pi * d * n}{1000} = 8.765 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

$$6. \text{Довжина обробки } L_d = 55 \text{ мм}$$

$$7. \text{Основний час виконання переходу } t_0 = \frac{L_d}{n * S} = 2.037 \text{ мм}$$

$$8. \text{Допоміжний час } t_{д1} = 0.3 \text{ хв}$$

$$9. \text{Операційний час } T_{оп} = 4 * (t_0 + t_{д1}) = 9.348 \text{ хв}$$

Перехід 60.2

різати різьбу  $M16$  в чотирьох отворах  $d_{св} = 16$  мм

$$1. \text{Глибина різання } t = 2.0 \text{ мм/об}$$

3. Обираємо величину для обчислення швидкості різання і обчислюємо її

$$t = 25 \text{ хв}$$

$$V = \frac{6.3 * d_{CB}^{0.15}}{T^{0.2} * t^{0.1} * S^{0.45}} = 4.218 \text{ м/хв}$$

4. Розрахункова частота обертання шпинделя  $n = \frac{1000 * V}{\pi * d_{CB}} = 83.916 \text{ об/хв}$

Узгоджуємо частоту обертання шпинделя  $n = 80 \text{ об/хв}$

5. Дійсна швидкість обертання шпинделя

$$V_d = \frac{\pi * d * n}{1000} = 4.021 \text{ мм/хв}$$

6. Довжина обробки  $L_d = 40 \text{ мм}$

7. Основний час виконання переходу  $t_{02} = \frac{L_d}{n * S} = 0.281 \text{ мм}$

8. Допоміжний час  $t_{d2} = 0.3 \text{ хв}$

9. Операційний час  $T_{оп2} = 4 * (t_{02} + t_{d2}) = 2.325 \text{ хв}$

Час на обслуговування робочого місця, перерви, відпочинок і природні потреби

$$T_{об\_пп} = \frac{1.5 + 6.0 + 11.673}{100} = 0.715 \text{ хв}$$

Штучний час  $T_{шт} = 5.716 + T_{об\_пп} = 16.431 \text{ хв}$

Підготовчо – завершувальний час  $T_{пз} = 4 \text{ хвм}$

Кількість деталей у серії  $n_c = 100 \text{ шт/зміна}$

Калькуляційний час  $T_k = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n_c} = 16.471 \text{ хв}$

Норма виробітку за 1 год  $N = \frac{60}{T_k} = 3.643 \text{ шт.}$  Приймаємо  $N = 3 \text{ шт}$

#### 4.Вимоги щодо монтажу , експлуатації , ремонту

Прилади надходять на монтажну ділянку в зібраному виді. Стропування приладів роблять за монтажні штуцера або спецпристосування, передбачені проектом.

Положення встановленого приладу регулюють з допомогою клинових домкратів, металевих підкладок. Підготовчу вивірку приладів на фундаменті або іншій підставі роблять при свobodному обпиранні на клаини або підкладки, остаточну - на затягнутих гайках і фундаментних болтів. При тому щуп товщиною 0,1мм ні в якому разі не повинен проходити між підкладками в пакетах, а ще між верхньою підкладкою і опорною конструкцією або лапою апарата на глибину більш ніж 3 - 5мм. Після остаточної вивірки апарата сталеві клини або підкладки прихоплюють електрозварюванням.

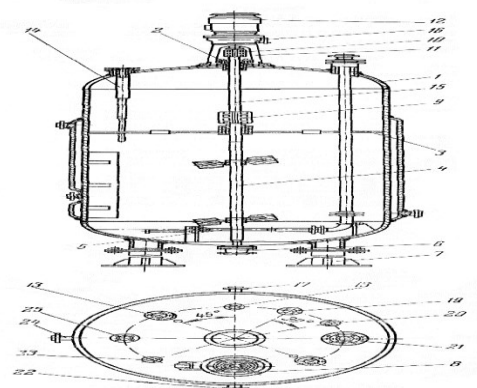
Допустимі відхилення від проектних осей при установці коробок пристроїв з мішалками:

- відхилення в розташуванні головних осей корпусу приладу в площині - 10 мм;
- відхилення від фактичної висоти приладу - 10 мм;
- зсув осі вертикального приладу від вертикалі і горизонтального апарата від заданого ухилу або горизонталі - 0,3 на 1мм.

Рис.7.1 Ферментер з механічним перемішуванням.

У цьому проекті розглядається ферментер з турбінною мішалкою і барботером. Його складовими частинами є наступні:

- 1-корпус; 2-сальник; 3-тяги; 4- вал з мішалками; 5-барботер;



НУХТ	Технічне увадження	ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА		Статус документа			
Власник документа Грибанов М.Е	Разробник документа Грибанов М.Е	Назва, додаткова назва Монтаж	200396.ДП.4.2.000.ПЗ				
	Документ зптвердження		Інд. зміни	Дата видання	Мова 11A	Апки 48	

6-підп'ятник; 7-стійка; 8-лаз-павук; 9,10-муфти; 11-стійка;  
12-електродвигун; 13-оглядове скло; 14-гільза для термометра;  
15-проміжний вал; 16-редуктор; 17,18,19-штуцери для виходу води,  
для гільзи термометра та для наповнення; 20,21,22-штуцери для  
завантаження посівного середовища, для барботера і подачі води;  
23,24,25-штуцери для манометра, відбору проби та виходу повітря.

В корпусі 1 обертається вал 4 з швидкістю 120 об/хв з двохступінчатою лопатевою мішалкою. Вал приводиться в рух електродвигуном.

Для подачі повітря в навколишнє середовище в нижній частині бака встановлений барботер 5-кільцевого типу з 12 радіальними насадками. По периферії внутрішньої стінки корпусу розташовані чотири перегородки, призначені для закручування рідини та запобігання круговому обертанню рідини з утворенням воронки.

Зовні корпус оснащений сорочкою, яка служить водою для відведення тепла, що виділяється культурою мікроорганізмів, що ростуть. Контроль і регулювання температури навколишнього середовища здійснюється за допомогою датчика температури, встановленого в рукаві 14.

Мішалка встановлена на обертовому валу, в центрі мішалки є отвір, при проходженні рідини вона залишається під тиском, що сприяє процесу викидання. Повторне використання повітря здійснюється завдяки вакууму, який утворюється в області отворів на робочій поверхні мішалки. На поверхні 850 отворів діаметром 3 мм. Мішалка складається з двох прямокутних лопатей. Внутрішня частина клинка порожниста і з'єднана з валом зварним з'єднанням і упорними пластинами. Вал мішалки з'єднаний системою повітровідводів. Барботер являє собою кільцеподібну трубку, до якої в скульптуру з'єднані 12 прямих трубок зі спицеподібними спицями.

#### **Експлуатація ферментатора.**

Технологічні та монтажні вимоги: за ДСТ 24444. Монтаж і експлуатація компонентів повинні виконуватися відповідно до інструкції з монтажу та експлуатації, що додається до цих виробів. Прилади повинні використовуватися

відповідно до вимог чинного стандарту щодо робочих параметрів, що не перевищують допустимих значень , зазначених у технічних документах. Пристрої та системи їх технологічного з'єднання повинні бути обладнані необхідними контрольно-вимірювальними пристроями для контролю параметрів, зазначених у технічних документах, а також необхідним приладдям.

Пристрої слід використовувати в робочих середовищах, які не викликають локалізовану або виразкову корозію або корозійні тріщини в матеріалі корпусу. Швидкість корозії не повинна перевищувати допустимих значень, що визначаються встановленим запасом корозії і розрахунковим терміном експлуатації приладів. Стрімкість зміни температури корпусу і других частин приладу при всіх режимах роботи не має бути вищою зазначеної в тех. документах.

Прилади з надлишковим тепловиділенням мають бути теплоізованими. Теплоізоляція приладу виконується на місці монтажу споживачем або спеціалізованою організацією.

Зупинку, пуск й випробування на герметичність приладів, встановлених в неопалюваних приміщеннях або на відкритому повітрі, змсою краще проводити згідно ОСТ 26-291.

Установка приладів має покривати можливість огляду, очищення їх внутрішньої і зовнішньої поверхонь й ремонту.

### **Ремонт.**

Розбирання пристрою за допомогою шейкера проводиться в наступному порядку. На фланці корпусу, кришці пристрою та прокладці робляться ярлики, потім знімаються болти. Кришка піднімається за допомогою підйомного механізму і встановлюється на козу так, щоб шейкер був у піднятому стані. Потім розбирають привід, муфту і мішалку. Потім прилад очищають м'якими щітками або дерев'яними скребками і миють гарячою водою.

Ремонт розпочинається з зовнішнього огляду. Результати огляду відображаються в протоколі та пред'явленні дефектів і пошкоджень. При відсутності видимих дефектів і пошкоджень проводиться магнітний та

ультразвуковий контроль.

Вм'ятини на корпусі та гільзі виправляють заземленням на мідну підкладку.

Якщо дефекти неможливо усунути, пошкоджені деталі ремонтують зварюванням.

Усунути пошкодження емалевого покриття приладу особливо важко.

При ремонті нижньої частини приладу накладається гумовий лист, щоб запобігти покриття нижньої частини від можливого падіння використаних при ремонті елементів.

Підготовка дефектного місця до ремонту полягає у видаленні пошкодженої емалі до основного шару або до металу за допомогою абразивного інструменту дрібного корунду, промиванні дефектного содового розчину 10 %, сушці та поліруванні. подальше промивання спиртом.

В якості герметиків використовуються різні склади. Силікатна шпаклівка використовується для кислотостійких емалей і має наступний склад: діабазне борошно, кремнійфторид натрію, рідке скло. Наноситься гумовою пластиною, ретельно затираючи нерівності поверхні в кілька шарів. Кожен шар просушується гарячим повітрям.

Бакелітова шпаклівка складається з лаку і бакелітового наповнювача - подрібненого і прожареного кварцового піску, який додається для отримання щільного несучого матеріалу. Цей герметик також наноситься в три шари, кожен шар твердіє 6 годин при 40°C і 1 годину при 160°C.

Найбільш універсальним і надійним способом усунення дрібних дефектів емалевого покриття є установка танталових грибовидних прокладок з фторопластовою прокладкою. положення танталової пломби показано на малюнку.

Мішалки ремонтуються через зношені або зламані деталі та компоненти. Для ремонту використовуються зварювання, покриття, заміна болтів і кріплень тощо. Якщо поверхні, з'єднані з валом (корабель, шпонкові пази), зварені, то перед складанням їх піддають механічній обробці.

Горловини валів з дрібними подряпинами, ризиками, овалом до 0,1 мм

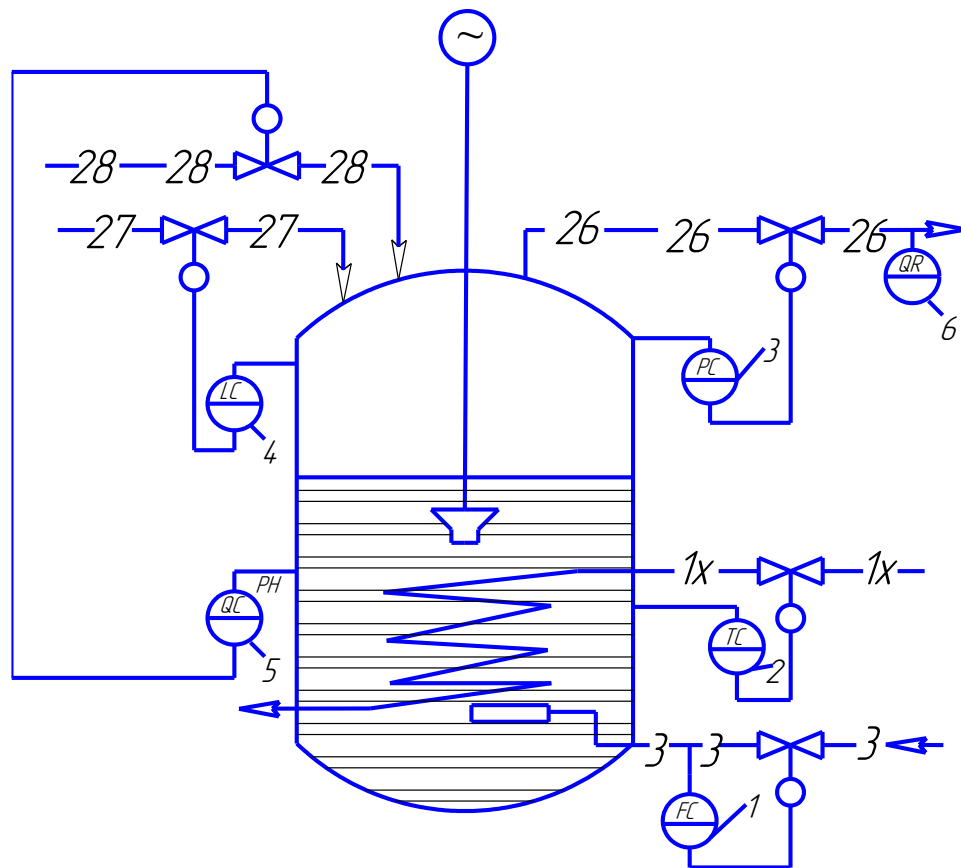
ремонтують шліфуванням. При сильному зносі шийки валів заточуються і шліфуються до наступного ремонтного розміру, у випадках, коли шийки необхідно відновити до початкових розмірів, їх ремонтують шляхом нарощування металу металопластикою, хромуванням, гальмуванням тощо. методи.

Тріщини валу закладають зварюванням. Для цього ділянку, вкриту тріщиною, на всю глибину, обробляють під зварювання (знімають фаски, розгладжують зварювану поверхню).

Зігнуті вали механічно виправляються в гарячому або холодному стані.

Виправлення в центрах роблять пресом або домкратом.

## 5. Опис системи управління



**Рис.8.1.**Схема автоматизації періодичного процесу глибинного культивування. Промислове культивування мікроорганізмів у більшості випадків здійснюється глибинним методом, при якому клітини суспендують у водному розчині поживних речовин. За способом організації культиваційні процеси поділяються на періодичні, безперервні та проміжні, які можуть бути реалізовані в різних варіантах, наприклад періодична підгодівля. Спосіб вирощування значною мірою визначає склад контрольних завдань і структуру системи автоматизації.

### Періодичний засіб культивування.

Цей засіб звичайно використовується при вирощуванні посівного матеріалу, а в рядку подій на стадії виробничої ферментації.

НУХТ	Технічне увадження	ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА		Статус документа			
Власник документа Грібанов М.Є	Разробник документа Грібанов М.Є	Назва, додаткова назва Система управління	200396.ДП.4.2.000.ПЗ				
	Документ затверджено		Інд. зміни	Дата видання	Мова ■■■	Аржи 53	

Періодичні процеси культивування здійснюються у біореакторах-ферменторах, що працюють циклічно. Повний цикл ферментера складається з допоміжних засобів (спорожнення пристрою, миття, стерилізація, завантаження живильного та посадкового матеріалу) та робочі етапи (власне процес вирощування). Завдання управління на допоміжній і робочій стадіях істотно відрізняються. На допоміжних етапах основним завданням є забезпечення певної послідовності операцій, тобто функції програмно-логічного керування. Крім того, запірну арматуру, встановлену на трубах кріплення ферментера, необхідно міняти у визначеній послідовності. У більшості існуючих галузей для цієї мети в основному використовується ручне дистанційне керування.

Крім завдань програмного та логічного управління на різних допоміжних етапах, вам доведеться налаштувати певні параметри: на етапі стерилізації, наприклад, температуру в приладі; після завантаження живильного середовища, його кислотність за рН тощо. Для цього використовуються відповідні параметри АСР. У робочій фазі основним завданням управління є підтримання в ферментері умов, за яких процес культури є найбільш ефективним.

Під час культивування відбуваються взаємопов'язані процеси споживання поживних речовин, зростання біомаси мікроорганізмів, утворення продуктів обміну, у тому числі цільового продукту. Під час процесу змінюється склад культуральної рідини: збільшується концентрація біомаси та продуктів обміну, зменшується концентрація субстрату. Зазвичай процес закінчується виснаженням поживних речовин і накопиченням достатньої кількості цільового продукту. *Якість ферментації характеризується продуктивністю процесу, а також виходом цільового продукту з одиниці живильних речовин. Ці показники залежать від умов проведення культивування, головними з яких є склад і температура культуральної рідини, її рН, концентрація розчиненого кисню (для аеробних мікроорганізмів).*

*При періодичному культивуванні склад культуральної рідини змінюється в ході процесу й фактично виявляється некерованим.*

*Тому основним завданням керування такими процесами є регулювання режимних параметрів - температури, рН середовища й ступені аерації. Для стерильних процесів ферментації необхідно, крім того, регулювати в апараті надлишковий тиск. Специфічною особливістю процесів глибинного культивування аеробних мікроорганізмів є рясне піноутворення, тому в таких процесах необхідно регулювати рівень піни у ферментаторі.*

*Система автоматизації періодичного процесу культивування рис.8.*

- 1) включає АСР наступних параметрів: температури — зміною витрати холодоагенту, що надходить у теплообмінник ферментатора (регулятор 2); рН — управлінням подачі речовини, що титрує, в апарат (регулятор 5) ; витрати аеруючого повітря (регулятор 1); тиску в апарату - зміною витрати відходять із ферментатора газів (регулятор*
- 3) рівні піни - подачею в апарат хімічного піногасника (регулятор*
- 4) У ряді процесів до того ж здійснюється автоматичний контроль концентрації кисню й СО<sub>2</sub> у газах, що відходять (прилад б) , концентрації розчиненого кисню й інших якісних показників (мольне число, концентрація цукрів й ін.) за допомогою відповідних автоматичних аналізаторів, в основному несерійних.*

## 6. Охорона праці

Умовні позначення шкідливих та небезпечних чинників:

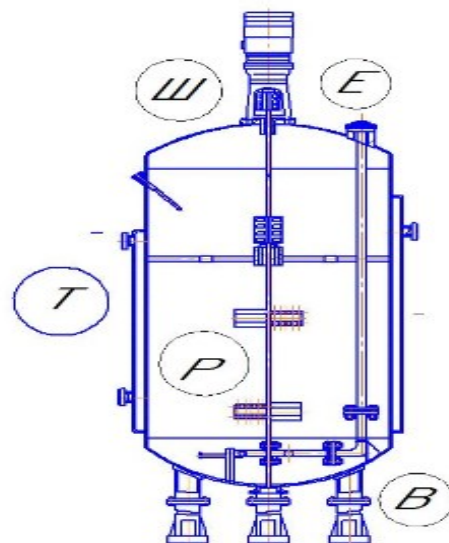
Е – електробезпека

Ш- шум

В - вібрація

Р – рухомі частини

Т – тиск



### Електробезпека. Електричні травми

Система технічних та організаційних заходів і засобів, що дають захист людей від небезпечного та шкідливого впливу електричного струму, електро дуги, статичної електрики і електромагнітного поля.

Аналіз виробничого травматизму показує: кількість травм, що спричинені дією електричного струму є малою і складає: майже 1 %, , але з повної кількості смертельних випадків частка електротравм складає: 20%.

Загальними причинами електротравм на виробництві є: випадковий контакт з неізольованими струмоведучими частинами електрообладнання; використання несправного переносного електроінструменту; використання нестандартних або несправних портативних пристроїв напругою 220 або 127 В; робота без засобів захисту та надійних запобіжних пристроїв; торкання незаземлених корпусів електрообладнання, які перебувають під напругою через пошкодження ізоляції; недотримання правил забезпечення, технічної експлуатації та норм безпеки при експлуатації електроустановок тощо. Проходячи крізь організм людини, він чинить електричний струм: на нього тепловий, в організмі людини чинить електричний струм: на нього теплову, електролітичну, механічну та біологічну дію.

НУХТ	Технічне уваження	ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА		Статус докумен 56			
Власник документа Грибанов М.Е	Охорона праці	Ідентифікаційна назва	200396.ДП.4.2.000.ПЗ				
			Інд. зміни	Дата видання	Мова ...	Арку ...	

Ступінь пошкодження електричним струмом залежить від його сили (A), напруги (V), тривалості дії, а також, загального стану організму (втома, виснаження, вік). Виснажені, змучені люди з хронічними захворюваннями нервовою системою піддаються цьому виду пошкодження частіше за здорових. Глибина ураження тканин залежить від опору шкіри в ділянці проходження струму: що менший опір, то більша сила ураження.

## 7.Висновок

В даному дипломному проекті проведено представлений ферментатор з механічним перемішуванням та керуванням і його модернізацію.

Так як об'єм ферментатора досить великий 50 м<sup>3</sup> і згідно розрахунків і самі розміри на перемішування необхідна значна кількість повітря. Завдяки проведеному аналізу і прийнятому рішенню змінила вал з мішалками, що дозволяє використовувати повітря повторно і зменшує його витрати.

Також ми дізнались потужність приводу 170кВт

Та розміри ферментатора : висота 12015 мм , та внутрішній діаметр 3876 мм

Запропонована модернізація дозволяє підвищити технічний рівень лінії покращити процес перемішування. Дозволяє покращити герметизацію та використовувати повторно повітря

НУХТ	<i>Технічне узагодження</i>	ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа Грибанов М.Є</i>	<i>Разробник документа Грибанов М.Є</i>	Висновки	<i>200396.ДП.42.000.ПЗ</i>				
	<i>Документ затверджено</i>		<i>Інд. зміни</i>	<i>Дата випуску</i>	<i>Мова ■■■</i>	<i>Архи 58</i>	

## 8. Список використаної літератури:

1. Технологічні комплекси харчових виробництв: Навчальний посібник / В.І. Теличкун, О.М. Гавва, Ю.С. Теличкун, О.О. Губеня, М.Г. Десик, О.М. Чепелюк. – Київ: Видавництво «Сталь», 2017. – 456 с.
2. Монтаж, експлуатація, діагностика та ремонт обладнання м'ясопереробних підприємств: підручник / І. Г. Бабанов, О. М. Гавва, О. І. Бабанова та ін. – Київ: Сталь, 2015. – 600 с.
3. Процеси і апарати харчових виробництв: підручник / За ред. проф. І. Ф. Малежика. Підручник. – К.: НУХТ, 2003. – 400с.
4. Оборудование микробиологических производств / Калунянц. К.А., Голгер Л.И., Балашов В.Е. М. – 1987. – 398 с.
5. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості : підручник / Мирончук В. Г., Гулий І. С., Пушанко М. М. та ін.; за ред. В.Г. Мирончука. – Вінниця: Нова книга, 2007. – 648 с.
6. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості. Навчальний посібник / В. Г. Мирончук, Л. О. Орлов, А. І. Українець та ін. – Вінниця: Нова книга, 2004. – 288 с.
7. Заплетніков І. М. Експлуатація і обслуговування технологічного обладнання харчових виробництв [Текст]: навч. посіб. / І. М. Заплетніков, В. Г. Мирончук, В. М. Кудрявцев; Нац. ун-т харч. технол., Донец. нац. ун-т екон. і торг. — К.: ЦУЛ, 2012. — 344 с.
8. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості [Текст]: підручник / В. Г. Мирончук, І. С. Гулий, М. М. Пушанко та ін.; за ред. В. Г. Мирончука. – 2-ге вид., перероб. і доп. — Вінниця: Нова книга, 2007. — 648 с.
9. Процеси і апарати харчових виробництв [Текст]: приклади і задачі : навч. посіб. / І. Ф. Мале <sup>Література</sup> ювич, В. Л. Зав'ялов та ін.; за ред. І. Ф. Малежика; Нац. ун-т харч. технол. — К.: НУХТ, 2015. — 386 с.

10. Процеси і апарати харчових виробництв [Текст]: Підруч. / І. Ф. Малежик, П. С. Циганков, П. М. Немирович, О. С. Марценюк; Ред. І.Ф. Малежик. — К.: НУХТ, 2003. — 400 с.
11. Сидоров Ю. І. Процеси і апарати хіміко-фармацевтичної промисловості [Текст]: навч. посіб. / Ю. І. Сидоров, В. І. Чуєшов, В. П. Новіков. — Вінниця: Нова книга, 2009. — 816 с.
12. Ситник І.О., Климнюк С.І., Творко М.С. Мікробіологія, вірусологія, імунологія. - Тернопіль: Укрмедкнига, 2009. - 295 с.
13. Біотехнологія: Підручник / В.Г. Герасименко, М.О. Герасименко, М.І. Цвіліховський та ін.; Під общ. ред. В.Г. Гера сименка. — К.: Фірма «ІНКООС», 2006
14. Batt C.A. Encyclopedia of Food Microbiology (Second Edition) / C.A. Batt. — Elsevier, 2017. — 110 p.
15. Brennan J. G.. Food Processing Handbook, 2nd Edition / James G.B., Alistair S.G. — Wiley-VCH Verlag GmbH & Co, 2011. — 826 p.
16. Fellows P. Food processing technology. Principles and Practice. Second Edition / P. Fellows. — CRC Press, 2000. — 591 p.
17. Kunze W. Technology Brewing And Malting. 5th English Edition / W. Kunze. — VLB Berlin. — 935 pages
18. Lelieveld H. Handbook of Hygiene Control in the Food Industry (Second Edition) / H. Lelieveld, J. Holah, D. Gabrić. — Elsevier, 2016. — 736 p.
19. Naumenko N. History of Food Science / N. Naumenko N. — Kyiv, NUFT. — 2014. — 199 с.
20. Ralko O. The restructuring and organisational development in the food industry in Ukraine // Restructuring: theory and practice : [monograph] / [Tetyana Mostenska, Iryna Fedulova, Virginija Jurėnienė (scientific editors)]. — Kyiv — Kaunas — Szczecin: National University of Food Technologies, Institute of World Economy and International Relations, University of Szczecin, Vilnius University. — Kyiv: Kondor, 2012. — P. 171–195