

**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)  
«04» 06 2024р.

**«До захисту допущено»**  
Завідувач кафедри  
Олександр ГАВВА  
(підпис) (ім'я та прізвище)  
«04» 06 2024р.

**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 гомогенізатора компонентів м'яких лікарських форм продуктивністю 50кг/год

Виконав: здобувач 4 курсу, групи ОХ-4-7ск

Чумак Дмитро Олександрович  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник Грінінг Катерина Робертівна  
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Консультанти Юрій БОЙКО  
(ім'я та прізвище)

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище)

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент Володимир КОСТІН  
(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) незарядженої допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ - 2024р.

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

Освітня програма «Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв»

## ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАХФВ

Олександр ГАВВА

“ 05 ” \_\_\_\_\_ квітня \_\_\_\_\_ 2024 року

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Чумак Дмитро Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Модернізація гомогенізатора компонентів м'яких лікарських форм продуктивністю 50кг/год

керівник проекту (роботи) Грінінг Катерина Робертівна

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 05 » квітня 2024 р. № 256-кв

—

2. Строк подання здобувачем роботи « 04 » червня 2024р.

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 – 1...2 аркуші; Складальні одиниці обладнання, вузли – 2...3 аркуші; Технологія машинобудування – 1 аркуш.

## 6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання: «31» 03. 2024 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи )	Примітка
1	<i>Анотація, зміст</i>	04.04.2024р.	<i>Виконано</i>
2	<i>Вступ</i>	08.04.2024р.	<i>Виконано</i>
3	<i>Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі</i>	15.04.2024р.	<i>Виконано</i>
4	<i>Техніко-економічне обґрунтування</i>	22.04.2024р.	<i>Виконано</i>
5	<i>Характеристика вихідної сировини і готового продукту</i>	22.04.2024р.	<i>Виконано</i>
6	<i>Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи.</i>	29.04.2024р.	<i>Виконано</i>
7	<i>Вибір конструкційних матеріалів</i>	06.05.2024р.	<i>Виконано</i>
8	<i>Розрахункова частина</i>	13.05.2024р.	<i>Виконано</i>
9	<i>Технологічний маршрут виготовлення деталі</i>	13.05.2024р.	<i>Виконано</i>
10	<i>Вимоги щодо монтажу, експлуатації та ремонту</i>	20.05.2024р.	<i>Виконано</i>
11	<i>Опис системи управління</i>	20.05.2024р.	<i>Виконано</i>
12	<i>Заходи з охорони праці</i>	27.05.2024р.	<i>Виконано</i>
13	<i>Висновки</i>	27.05.2024р.	<i>Виконано</i>
14	<i>Список використаних літературних джерел</i>	27.05.2024р.	<i>Виконано</i>
15	<i>Графічна частина: 5 аркушів формату А1</i>	27.05.2024р.	<i>Виконано</i>
16	<i>Подача кваліфікаційної роботи на кафедру</i>	01.06.2024р.	<i>Виконано</i>

**Здобувач**

\_\_\_\_\_ ( підпис )

**Дмитро ЧУМАК**

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище)

**Керівник роботи**

\_\_\_\_\_ ( підпис )

**Катерина ГРІНІНГ**

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище)

## Анотація

Була розроблена конструкція для проведення хімічних реакцій, зокрема на прикладі приготування пасти. Вона складається з корпусу, в якому розташовані лопатева та рамна мішалки. На рамній мішалці додатково закріплені лопаті. Ця конструкція гарантує рівномірну концентрацію частинок у середовищі по всьому об'єму апарата, а також запобігає перегріву в зоні перемішування. Спеціальна конструкція приводу дозволяє розмістити двигуни валів над реактором, що уникає потрапляння рідини в двигуни та покращує техніку безпеки. Також був доданий зовнішній контур для перекачування продукту, в який встановлено дисковий млин для подрібнення дрібних частин. Продукт в мішалці нагрівається від водяної сорочки, а товщина ізоляції забезпечить температуру ззовні реактора не більше 40 градусів.

Ключові слова: гомогенізатор, мішалка, реактор-змішувач

### **Annotation**

A design was developed for conducting chemical reactions, in particular, using the example of pasta preparation. It consists of a body in which blade and frame mixers are located. Blades are additionally attached to the frame stirrer. This design guarantees a uniform concentration of particles in the medium throughout the entire volume of the device, and also prevents overheating in the mixing zone. The special design of the drive allows the shaft motors to be placed above the reactor, which avoids liquid getting into the motors and improves safety. An external circuit for pumping the product was also added, in which a disc mill was installed for grinding small parts. The product in the stirrer is heated by the water jacket, and the thickness of the insulation will ensure that the temperature outside the reactor does not exceed 40 degrees.

**Key words:** homogenizer, stirrer, reactor-mixer.

## Зміст

Вступ.....	7
1.Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі.....	10
2.Техніко-економічне обґрунтування проекту.....	25
3.Опис модернізації апарату для виробництва пастоподібних лікарських форм.....	26
4.Вибір конструкційних матеріалів.....	28
5.Розрахункова частина.....	29
5.1 Розрахунок продуктивності апарата.....	29
5.2 Розрахунок на механічну міцність.....	30
5.3 Розрахунок корпусу на зовнішній тиск.....	33
5.4 Розрахунок зовнішньої стінки охолоджуючої сорочки реактора.....	34
5.5 Розрахунок потужності приводу реактора-змішувача.....	35
5.6 Розрахунок внутрішньої лопатевої мішалки.....	35
5.7 Розрахунок зовнішньої рамної мішалки.....	36
5.8 Розрахунок водяної сорочки.....	37
5.9 Розрахунок теплової ізоляції.....	38
5.10 Розрахунок валу мішалки на міцність.....	39
6.Технологія виготовлення деталі.....	40
7.Завдання на розробку системи автоматизації.....	58
8.Безпека життєдіяльності.....	59
9.Вимоги до монтажу, експлуатації і ремонту.....	66

Висновок

Список використаної літератури

ВіКРовідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження Грінінк К.Р.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа		
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа Чумак Д.О.	Назва, додаткова назва <b>Зміст</b>	220802.КР.40.000 ПЗ			
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/1

## ВСТУП

Українська фармацевтична галузь виробляє близько 1400 з 3000 препаратів, які продаються в Україні. Лікарські засоби виготовляються в різних формах - твердій, рідкій, порошкоподібній та інших. Основними категоріями є серцево-судинні препарати, анальгетики, вітаміни, засоби для лікування захворювань дихальної та ендокринної систем, шлунково-кишкового тракту та антибіотики.

Українські компанії виробляють 49 видів фармацевтичних субстанцій. З них 76 є синтетичного походження, а 82 - природного. Лише 30% субстанцій виробляють в Україні, решта імпортується з Китаю, Німеччини, Індії та США. У групі провідних вітчизняних виробників лікарських засобів (щомісячний випуск понад 5,1 млн грн. – 1 млн USD) знаходяться ЗАТ «ФФ «Дарниця», Корпорація «Артеріум» (ТОВ «КиївмекРрепарат» і АТ «Галичфарм»), ТОВ ФК «Здоров'я», ЗАТ НВЦ «Борщагівський ХФЗ», ВАТ «Фармак».

Кожний із цих гігантів фарміндустрії займає близько 10% ринку вітчизняних лікарських засобів.

Щорічне зростання українського фармацевтичного ринку складає близько 20% вже упродовж кількох років. Сьогодні на ринку з зареєстрованих лікарських засобів 34% – препарати українського виробництва, решта – іноземного.

У ряду основних виробників лікарських засобів в Україні – ЗАТ "Фармацевтична фірма "Дарниця" (14,9% загального обсягу вітчизняного виробництва в грошовому вираженні), АТ "КиївмекРрепарат" (14,4%), АТ "ФФ "Здоров'я" (12,9%), АТ "Фармак" (11%).

Серед усталених виробників медичних засобів зустрічаються підприємства, що спеціалізуються на виробництві наркотичних препаратів у

ВіКРовідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження Грінінк К.Р.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа		
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа Чумак Д.О.	Назва, додаткова назва <b>Вступ</b>	220802.КР.40.000 ПЗ			
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/3

формі розчинів для ін'єкцій (ДФП "Здоров'я народу", м. Харків) та психотропних засобів (КР "Біостимулятор", м. Одеса). Традиційну асортиментну лінійку препаратів (водні та водно-спиртові розчини, КРаплини, настойки, мазі) виготовляють фармацевтичні підприємства. За основними КРитеріями, такими як підвищення рівня технології виробництва, забезпечення нормативно-аналітичної та технологічної документації, на чолі стоять Тернопільська, Артемівська та Київська фармацевтичні заводи.

УКРАїнський виробник ліків №1 ЗАТ "Фармацевтична фірма "Дарниця" – це підприємство, що існує більше 70 років, і основний принцип його діяльності – служіння людині і його здоров'ю. "Дарниця" – найбільший виробник лікарських препаратів в УКРАїні, що займає лідируючу позицію на вітчизняному фармацевтичному ринку, що рік у рік підтверджується показниками виробничої й ринкової діяльності підприємства, авторитетними галузевими рейтингами. 215 найменувань препаратів, що випускають, 500 млн ампул, 4 млрд упакувань таблеток, 30 млн флаконів стерильних антибіотиків й 8,5 млн туб м'яких лікарських форм – виробнича потужність 800 висококваліфікованих співробітників. Завдяки багаторічній довірі лікарів і пацієнтів лікарським засобам виробництва Фармацевтичної фірми "Дарниця" і їхній високій якості, продукція фірми користується стабільним попитом у споживачів. Обсяги виробництва підприємства становлять більше 25,8 % усього виробництва фармацевтичного сектора промисловості УКРАїни.

**Мазь** (лат. *Unguentum*) — м'яка лікарська форма для зовнішнього застосування. Мазь складається з лікарської речовини і т.зв. лікарської основи (вазеліну, ланоліну, нафталану тощо). В своїй основі мазі містять жири (свинячий, бичачий). Кількість порошковатих лікарських речовин у мазі не перевищує 25% маси основи. Мазі надають епідермісу пом'якшуючу дію, розпушують ороговілий шар, сприяючи цим більш глибокому проникненню лікарських речовин в шкіру.

Мазі мають не тільки місцеву, а загальну дію на організм. До негативних властивостей мазів можна віднести здатність порушувати персипацію шкіри; це несприятливо позначається на протіканні гострозапальних, особливо поширених процесів, викликаючи їх загострення.

**Па́ста** (*Pasta* (-ae, -ae)) — мазь, яка вміщує у своєму складі 25% і більше порошкоподібних речовин. Паста мають щільнішу консистенцію, не розплавляються, а лише розмягшуються при температурі тіла і триваліше утримуються на шкірі. Тому в пастах назначають лікарські форми місцевої дії і їх не втирають, а наносять шаром на уражені ділянки. Готують паста шляхом змішування компонентів з розплавленою основою. Виписують в рецептах по тим же правилам, що і мазі.

Мазі та паста слід зберігати у добре закритих посудинах, таких як банки або туби, на прохолодному місці, захищеному від світла. Важливо уникати контакту з металевим посудом для збереження їхніх властивостей. Проблема виробництва складних неоднорідних середовищ, таких як мазі й паста, полягає в їх складних реологічних властивостях, які роблять їх важкими для перемішування. Час необхідний для гомогенізації становить 2-4 години. При неповному перемішуванні мазі та паста можуть швидко розшаруватися, що призводить до нестабільності їхньої структури. Більшість апаратів не здатні до надтонкого подрібнення частинок суспензії з лікарською речовиною або фарбувальними матеріалами під час перемішування. Операції тонкого подрібнення зазвичай проводять окремо в умовах високої вологості, що призводить до ризику контамінації продукту. Тому доцільно об'єднати операції змішування, гомогенізації і тонкого подрібнення в одному апараті, а також прискорити процес змішування за допомогою додаткових змішувальних органів і їх взаємного руху.

## 1. Порівняльний аналіз технічних рішень

Технічне обладнання для обробки сировини і напівфабрикатів методом зчеплення широко використовується у всіх галузях харчової та переробної промисловості.

До цього типу обладнання відносяться різні типи міксерів, тістомісильних машин і мішалок, гомогенізаторів та інших пристроїв.

Процеси, що протікають в цьому пристрої, багато в чому визначають ефективність наступних процесів і формують якість готового продукту.

Механічна обробка сировини і напівфабрикатів компаундами відбувається шляхом змішування компонентів, що входять до складу суміші.

Перемішування – це механічний процес рівномірного розподілу окремих компонентів в обсязі суміші для утворення однорідної структури.

Ефективність перемішування оцінюється за таким показником, як однорідність отриманої суміші, а для кількісної оцінки використовується коефіцієнт неоднорідності.

Коефіцієнт неоднорідності суміші - це відношення змісту основного компонента до його середньої масової частці суміші:

$$K = 100 \cdot \frac{\sigma_c}{C_{cp}}$$

де:  $\sigma_c$  - середнє квадратичне відхилення вмісту основного компонента, %;  $C_{cp}$  - середня масова частка основного компонента в суміші, %.

Чим менше  $K$ , тим рівномірніше суміш. При  $K < 10\%$  ефективність суміші вважається якісною.

Змішування складається з трьох елементарних процесів:

ВіКРовідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження Грінінк К.Р.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа		
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа Чумак Д.О.	Назва, додаткова назва <b>Порівняльний аналіз технічних рішень</b>	<b>220802.КР.40.000 ПЗ</b>			
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>UA</b>	Аркуш <b>1/15</b>

- дифузійне змішування - поступове переміщення частинок різних компонентів через нові освічені межі їх розділу.

- сегрегація - скупчення близьких за формою, масою і розмірами частинок в різних зонах змішувача.

Перші два процеси сприяють рівномірному розподілу частинок в суміші, а другий уповільнює його. Тому рекомендується зупинити процес після закінчення другого етапу перемішування.

### **Класифікація**

Технологічне обладнання для механічної переробки сировини і напівфабрикатів з'єднанням класифікується за такими ознаками:

- по фізичному стану середовища, яка перемішується:
- обладнання для отримання в'язко-пластичних напівфабрикатів
- змішувачі для сипучих матеріалів
- змішувачі рідин
- По ритму роботи: змішувачі періодичної і безперервної дії.
- По конструкції: лопатеві, якірні, рамні, пропелерні, турбінні, шнекові, стрічкові, барабанні.
- За принципом дії: механічні, пневматичні, ежекторні, циркуляційні.

### **Обладнання для перемішування компонентів з метою отримання рідких напівфабрикатів, емульсій і піни**

Це обладнання широко використовується в хлібопекарській, кондитерській, макаронній, пивоварній та інших галузях харчової промисловості.

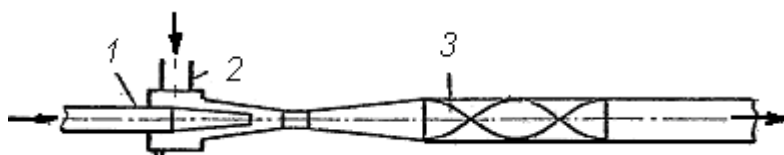
Рідкі харчові продукти змішуються як механічним, так і іншими

способами, наприклад, за допомогою трубопроводів, циркуляції, стисненого повітря.

При перемішуванні в трубопроводі найпростішим пристроєм є V-подібне з'єднання двох труб, по яких тече рідина. Перемішування поліпшується при установці турбулізуючої вставки.

Всмоктуючи рідину струменем, що витікає з сопла, можна використовувати інжектор, в якому продукт перемішується.

Ефективність перемішування інжекційного змішувача підвищується при установці спірального сопла (рис. 1.). Таким чином, рідини з низькою в'язкістю змішуються і добре перемішуються один з одним.



*Рис.1.1 Схема ежекторного змішувача:*

*1 - сопло; 2 - патрубок подачі компонента суміші; 3 - спіральні насадки.*

### **Циркуляційне перемішування**

Перемішування в режимі циркуляції здійснюється шляхом багаторазового переміщення рідини в ємності для створення турбулентності. Можливі різні способи перемішування в режимі циркуляції(рис. 1.2.а,б).

При перемішуванні в режимі циркуляції рекомендується використовувати насадку, що створює потужний потік рідини в ємності (рис. 1.2. б).

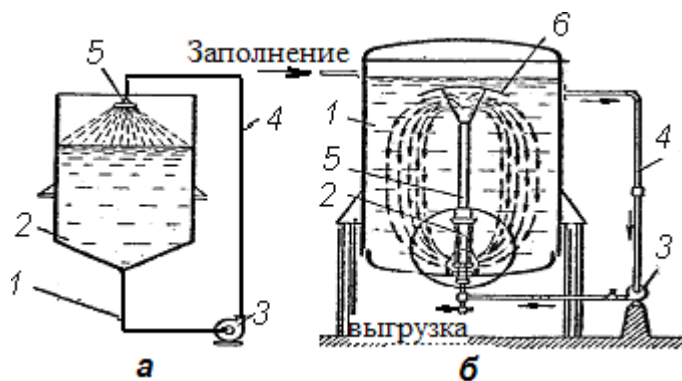


Рис. 1.2. Схеми циркуляційного змішування харчових продуктів

### Пневматичне перемішування

Використання стисненого повітря (Пневматичне перемішування) найбільш ефективно для змішування рідин у великих ємностях, коли аерація або окислення рідин є необхідним або можливим компонентом технічного процесу, наприклад ферментації.

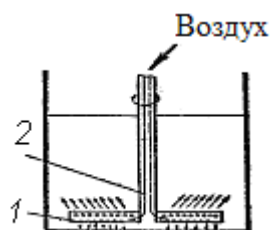


Рис.1.3  
Схема  
пневматичного  
змішувача:

1 - барботер (трубки з отвором);

2 - пустотілий вал .

Пневматичне перемішування здійснюється за допомогою повітряної мішалки (рис. 3), що являє собою трубку з отворами, розташовану уздовж осі ємності або решітки, встановлену у вертикальному або горизонтальному положенні для забезпечення максимально довгою траєкторії руху бульбашок в рідині.

Недоліком пневматичного перемішування є те, що його можна використовувати лише для рідин з низькою динамічною в'язкістю ( $\mu < 0,2 \text{ Па} \cdot \text{с}$ ).

Можливе поєднання пневматичного і механічного перемішування в одному апараті.

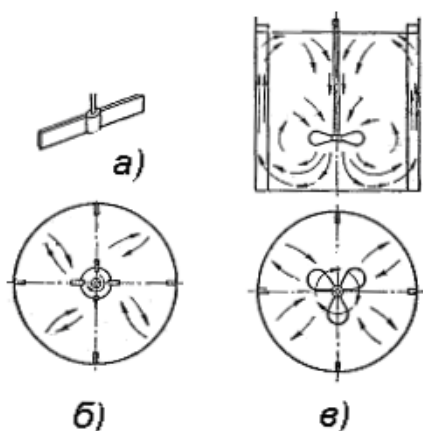
## Механічні змішуючі пристрої

Найбільше поширення для перемішування рідких харчових продуктів отримали механічні пристрої, які включають в себе мішалку з валом (робочий орган) і привід.

Мішалки класифікуються за:

- Швидкості обертання;
- Характером створюваного ними потоку рідини;
- По конструкції і т.д.

За ознакою швидкості мішалки діляться на:



- Тихохідні (якірні, рамні) - у цих мешалках оКРужна швидкість по зовнішньому діаметру лопаті не перевищує 1 м / с;

- Швидкохідні (лопатеві, турбінні, пропелерні) - оКРужна швидкість складає більше 3 м / с.

Залежно від створюваного потоку мішалки можуть бути з тангенціальним, радіальним, осьовим і змішаним плином рідини.

Рис. 1.4. Види руху рідин в

При тангенціальному перебігу (рис. 1.4.а) рідина в ємності переміщується віКРовідно до траєкторії руху мішалки. Перемішування рідину здовж осі мінімально. Перемішування відбувається зарахунок вихорів, що виникають по контуру лопаті. Якість перемішування низька. Тангенціальний потік є характеристикою лопатевої мішалки з лінійною лопаткою з низькою частотою обертання, яка не створює радіального потоку, викликаного

З радіальним потоком (рис. 1.4.б), рідина в ємності переміщається в радіальному напрямку від мішалки. Для забезпечення радіального руху рідини необхідно, щоб відцентрова сила була більше опору навколишньої рідини. Відцентрове зусилля, створюване мішалкою, залежить від діаметра і частоти обертання мішалки.

Турбінна мішалка зі статором – це мішалка, яка створює радіальний потік рідини.

З осьовим потоком (аксіальному) (рисунок 1.4.в), рідина в ємності рухається паралельно осі обертання. Це характерно для пропелерних мішалок.

У більшості мішалок спостерігається змішаний потік рідини, який є результатом змішування деяких з вище вказаних типів потоків. Змішаний потік створюється лопатевою мішалкою з похилою лопаткою (радіальний і осьовий потоки), який створюється лопатевою мішалкою з похилою лопатою (тангенціальний і осьовий потоки). Характер течії рідини в ємності (тангенціальний, радіальний, аксіальний) визначається величиною:

$$q = \frac{\omega_p}{\omega}$$

де:  $\omega_p$  - кутова швидкість рідини в ємності, рад / с;

$\omega$  - кутова швидкість мішалки, рад / с.

При  $q = 1$  - протягом чисто тангенціальне; при  $q = 0$  - радіальне.

Залежно від конструкції механічні мішалки для змішування рідких харчових

продуктів поділяються на лопатеві, пропелерні, турбінні, шнекові та спеціальні. Лопатковий міксер. Ці мішалки являють собою змішувальні пристрої з лопатями прямокутного перерізу, перпендикулярними або нахиленими до осі обертання.

Кількість листочків може бути від 3 до 6. Лопаті можуть бути розташовані перпендикулярно до осі обертання або під кутом до осі обертання.

При змішуванні рідин у глибоких посудинах на валу встановлені ряди лопатей для збільшення турбулентності. Відстань між рядами вибирають  $0,3-0,8 D$  в залежності від в'язкості рідини.

На стінках ємності змішувача встановлені гальмівні перегородки, які сприяють збільшенню турбулентності.

Для змішування продуктів з високою в'язкістю і продуктів, які прилипають і утворюють відкладення на дні і стінках обладнання, застосовують анкерні мішалки (лопаті мають форму якоря) і рамні мішалки. У рамних змішувачах лопаті виконані у вигляді зварної конструкції - каркаса, що повторює форму стінок посудини, для посилення перемішування на рамі також закріплені горизонтальні і вертикальні лопаті. Недоліком лопатевих мішалок є незначне осьове переміщення рідини.

Таблиця 1.1

### Типи перемішувальних пристроїв

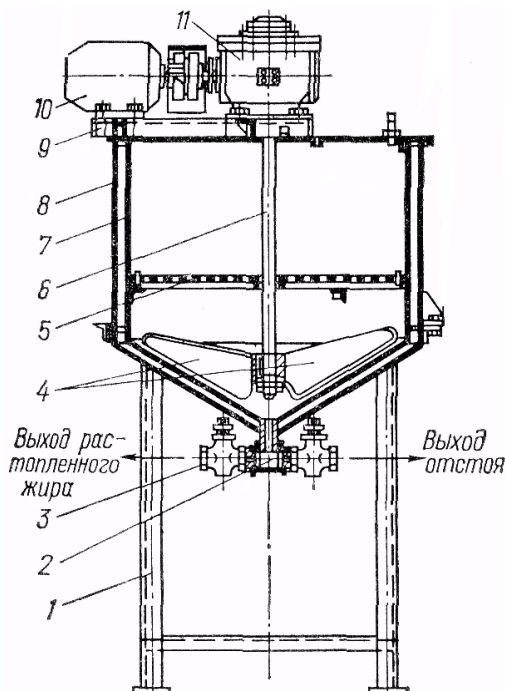
Тип	Співвідношення розмірів	Сфера застосування
Дволопатевий		

	$\frac{d}{D} = 0.5 \div 0.7$ $\frac{h_1}{d} = 0.15 \div 0.2$ $\frac{h}{d} = 0.1 \div 0.3$ $\frac{b}{D} = 0.08$	<p>Перемішування рідин з в'язкістю <math>\eta &lt; 15</math> Па·с і розчинення твердих частинок.</p> <p><math>V = 1.5-3</math> м / с</p>
<p><b>Чотирилопатевий</b></p>	$\frac{d}{D} = 0.2 \div 0.4$ $\frac{h_1}{d} = 0.2 \div 0.4$ $\frac{h_1}{d} = 0.4 \div 0.8$ $\frac{b}{D} = 0.08$	<p>Перемішування рідин середньої в'язкості і розчинення твердих частинок.</p> <p><math>V = 1.5-3</math> м / с</p>
<p><b>Якірний</b></p>	$\frac{H_p}{H} = 0.75 \div 0.85$ $\frac{h}{H} = 0.56$ $\frac{b}{d} = 0.07$ $\sigma = 25 \div 40$	<p>Перемішування густих рідин в апаратах з теплообмінними сорочками, очищення стінок апарату від осаду, захист пристенного шару рідини від перегрівання.</p> <p><math>\eta &lt; 20</math> Па·с</p> <p><math>V &lt; 0.5 - 2</math> м / с</p>

**Планетарні** мішалки лендери використовуються для ретельного перемішування рідких продуктів у великих ємностях.

Їх робочий механізм розташований ексцентрично всередині контейнера і приводиться в рух планетарним механізмом. При цьому лезо створює подвійний рух (планетарне).

Планетарні міксери широко застосовуються для змішування паст, КРемів, суспензій, приготування емульсій тощо.



Наведемо конструкції мішалок для змішування рідких компонентів і отримання розчинів, які застосовуються в кондитерській і хлібопекарській промисловості.

*Рис 1.5. Апарат X-15 для розчинення жиру:*

*1 - станина; 2 - вихідний патрубок; 3 - вентиль; 4 - лопаті; 5 - знімна решітка; 6 - вертикальний вал; 7 - циліндрична ємність; 8 - теплообмінна сорочка; 9 - рама приводу; 10 - електродвигун; 11 - редуктор.*

### **Жиророзчинник X-15 (рис. 1.5)**

Для розтоплення жиру. Складається з станини, циліндричної ємності з конічним дном. Ємність оснащена теплообмінною сорочкою і пропелерною мішалкою, закріпленою на вертикальному валу. Привід мішалки кріпиться до кришки ємності. У нижній частині

форсунки для виведення розплавленого жиру і води з теплообмінної сорочки.

Жир порціями подають у змішувач, розтоплюють і пропускають через сітчастий фільтр, постійно перемішуючи мішалкою.

Змішувач Х-14 аналогічно призначений для розчинення цукру і дріжджів, відрізняється від змішувача Х-15 тим, що він не має теплообмінної сорочки. Для приготування емульсії застосовується змішувач-емульсатор ШС (рис. 1.5)

Змішувач являє собою циліндр з горизонтальним валом. На валі укріплені дві перемішують лопаті Т-подібної форми і чотири - прямокутної. Всі вони повернені до осі вала на 30-40 °. У циліндрі є патрубок для завантаження сировини і оглядовий люк. Для підтримки необхідної температури суміші циліндр обладнаний водяною сорочкою.

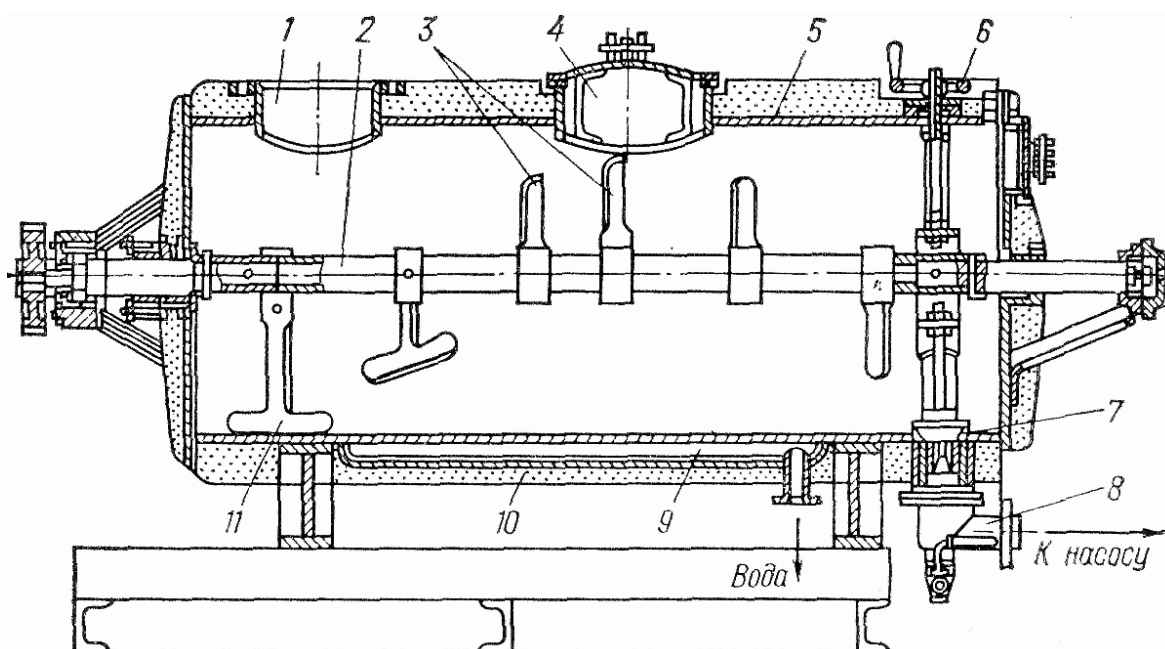


Рис.1. 6. Горизонтальний лопастной змішувач ШС:

1 - завантажувальний люк; 2 - горизонтальний вал; 3 - плоскі лопаті;

4 - оглядовий люк; 5 - циліндрична камера; 6 - гвинтовий привід клапана; 7 - конічний випускний клапан; 8 - зливний патрубок; 9 - водяна сорочка; 10 - теплоізоляція; 11 - T-подібна лопать.

Пропелерний змішувач. Особливістю змішування рідин за допомогою пропелерної мішалки (рис. 1.6.) є те, що весь об'єм рідини в ємності зазнає багаторазових переміщень через лопаті пропелера. Робочий орган подібний гвинту літака або корабля.

Трилопате́вий пропелер використовується для змішування рідин в посудинах об'ємом до 200 м<sup>2</sup>. Дволопате́ві гвинти можуть використовуватися на малих судах об'ємом до 1м<sup>3</sup>. Також доступні багатолопате́ві гвинти.

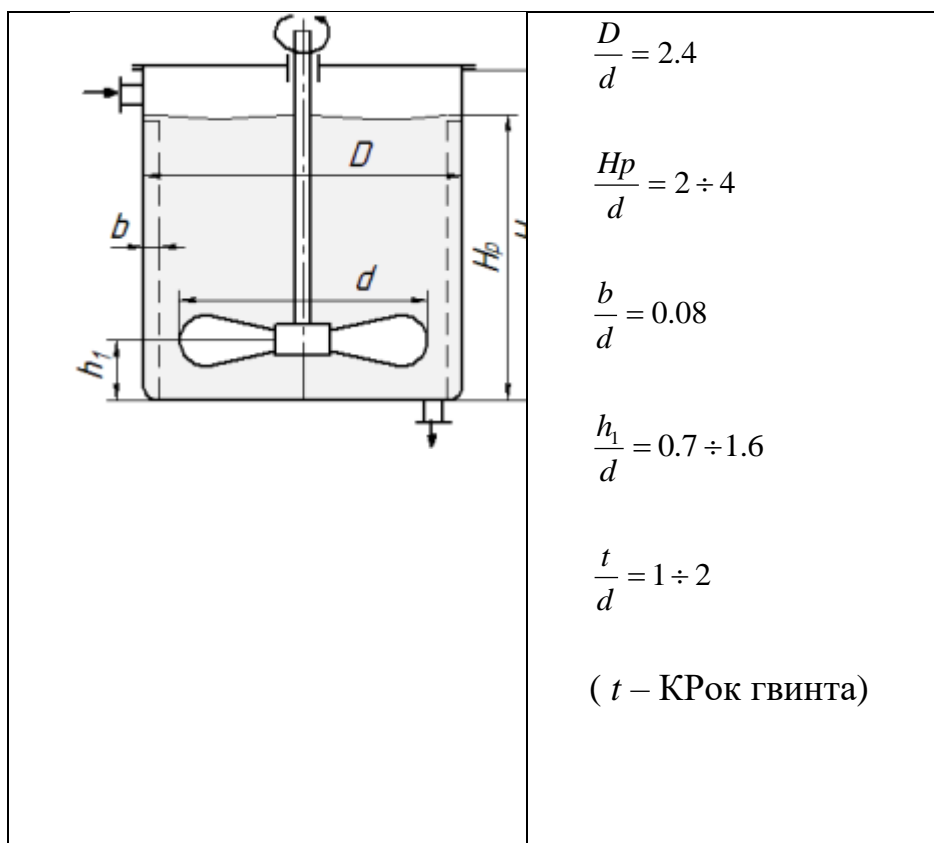


Рис. 1.7. Схема апарату з пропелерної мішалкою і співвідношення його

220802.КР.40.000 ПЗ

Інд. змін.

Дата видання

Мова  
UA

Аркуш  
11

*основних розмірів.*

Залежно від кута повороту лопатей пропелера розрізняють два типи пропелерних мішалок:

- а) мішалки, усмоктувальні рідина з dna і нагнітають до поверхні ( $\alpha > 90^\circ$ );
- б) мішалки, усмоктувальні рідина від поверхні і нагнітають до dna ( $\alpha < 90^\circ$ ).

Для змішування з рідиною продукту, щільність якого більше ніж у рідини, необхідно застосовувати мішалки з  $\alpha > 90^\circ$  і навпаки.

Пропелерні мішалки доцільно застосовувати для перемішування рідин і продуктів з коефіцієнтом в'язкості  $\mu < 2 \text{ Па} \cdot \text{с}$ .

Недоліки пропелерних мішалок - складність розрахунку і проектування, а також залежність ефективності перемішування від форми ємності та розміщення мішалки в апараті.

Мішалки можуть бути однорядні і багаторядні, з різними  $\alpha$  кожної лопаті.

З метою підвищення ефекту перемішування доцільно встановлювати їх ексцентрично або під кутом  $10\text{-}20^\circ$  до вертикалі.

**Турбінні мішалки.** Використовуються для швидкого приготування суспензій, емульсій і дисперсій нерозчинних інгредієнтів з в'язкістю до  $30 \text{ Па} \cdot \text{с}$  і коли форма ємності не дозволяє використовувати пропелерні мішалки. Їх також можна використовувати як емульгатори та змішувачі.

Робочий орган (турбіна) турбінного змішувача буває відкритого типу (рисунок 1.5.а, б, в) і закритого типу (рисунок 1.5.г, д).

Відкрита турбіна являє собою диск, до якого радіально закріплені лопаті. (Малюнок 1.5.а, б, в). Коли турбіна швидко обертається, відцентрова сила діє на продукт, відкидаючи його до стінок змішувача, а потім до dna та верху

контейнера. Це створює безперервну інтенсивну циркуляцію і перемішування інгредієнтів суміші.

ЗаКРита турбіна працює аналогічно за принципом відцентрового насоса (рис. 5.12 г, д). Лопаті в заКРитій турбіні розміщені між двома тонкими дисками з отвором посередині. Коли турбіна обертається, рідина втягується в отвір і з високою швидкістю викидається на периферію. Кількість лопаток турбіни буває від чотирьох до шістнадцяти.

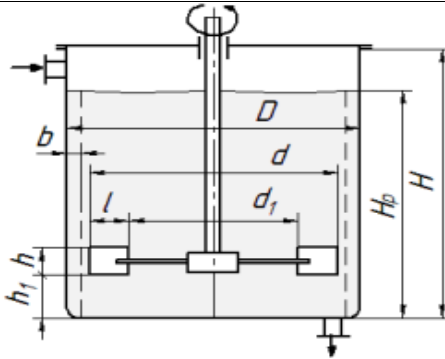
Зазвичай частота обертання 100-200 об / хв.

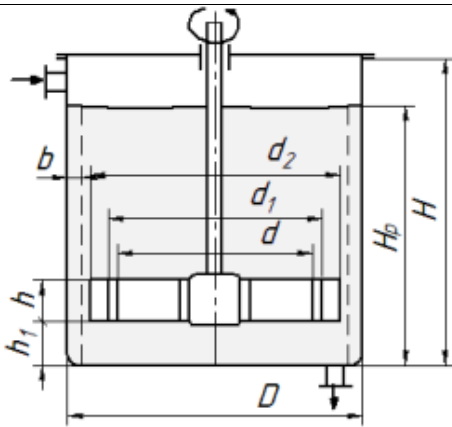
При змішуванні високов'язких рідин лопатки турбін повинні бути спрямовані в бік, протилежний обертанню колеса.

Для підвищення ефективності при перемішуванні в'язких рідин мішалки оснащують напрямними апаратами-статорами (рис. 1.5. д).

## Таблиця 5.2.

### Типи турбінних мішалок

Турбіна відКРита	$\frac{D}{d} = 0.3$ $\frac{H_p}{d} = 0.75 \div 0.85$ $\frac{h}{d} = 0.2 \div 0.3$ $\frac{l}{d} = 0.25$ $\frac{d_1}{d} = 0.65$ $\frac{h_1}{d} = 0.5 \div 1.5$ $\frac{b}{D} = 0.08$	Перемішування суспензій, розчинення і диспергування рідин і газів. $\mu < 25 \text{ Па}\cdot\text{с}$ $V=3-8 \text{ м/с}$
		
Турбіна заКРита		

	$\frac{D}{d} = 2.4$ $\frac{h}{d} = 0.25$ $\frac{h_1}{d} = 0.85$ $\frac{d_1}{d} = 1.1$ $\frac{d_2}{d} = 1.6$ $\frac{H_p}{D} = 1.75$	<p>Перемішування суспензій, розчинення і диспергування рідин і газів.</p> <p><math>\mu &lt; 25 \text{ Па}\cdot\text{с}</math></p> <p><math>V=3-8 \text{ м/с}</math></p>
---	--	---

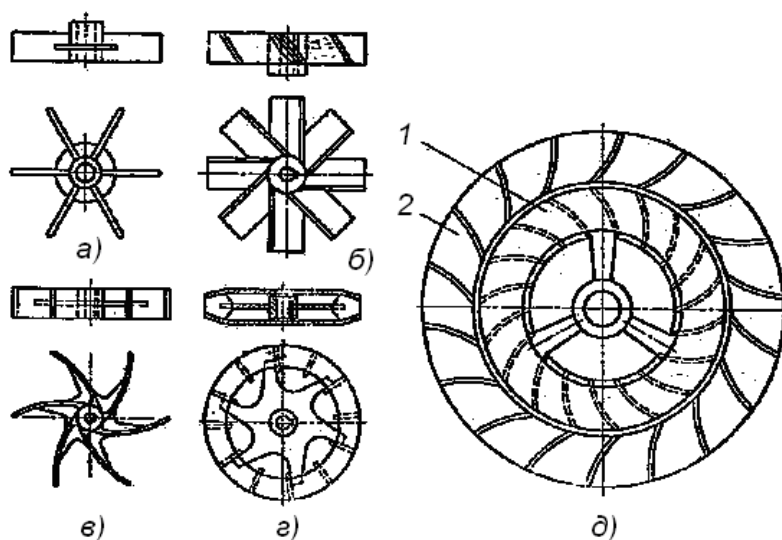


Рис.1.8. Робочі колеса турбінних мішалок:

а, б, в - відкриті турбінні мішалки; г - закриті турбінні мішалки;

д - закрита турбінна мішалка з напрямним апаратом-статором (1 - турбіна, 2 - апарат-статор).

Крім перерахованих, використовуються спеціальні види механічних мішалок. В основному вони використовуються для посилення процесу масообміну.

Дисковий міксер. Диски малого діаметра  $d = 0,1 \div 0,15$  м встановлені на вертикальних або горизонтальних валах, що обертаються з великою швидкістю ( $5 \div 35$  м/с). Використовуються для контейнерів місткістю до  $4 \text{ м}^3$ . Рух і змішування компонентів відбувається за рахунок тертя між ними і поверхнею диска. Для інтенсифікації процесу диски можуть бути зубчастими.

Вібраційний змішувач. Основним органом роботи є віброплита 4, яка під дією вібратора 2 здійснює зворотно-поступальний рух, викликаючи віКРовідний рух рідини. Віброплита заКРіплена на двох стрижнях, які рухаються в протилежних напрямках, таким чином вирівнюючи вібраційні навантаження та інтенсифікуючи процес.

## 2. Техніко-економічне обґрунтування проекту

Цей проект спрямований на створення реактора-змішувача для гетерогенних систем з хімічними реакціями. Метою є досягнення високої продуктивності, здатність обробляти продукти з високою концентрацією дисперсної фази та забезпечення високої якості кінцевого продукту.

Для конструкції реактора необхідно враховувати такі параметри та режими, за яких концентрація компонентів буде рівномірною, а також уникати перегріву окремих зон реактора.

Неврахування цих умов може призвести до утворення продукту з непостійними властивостями або дефектів, наприклад, клейстеризацією крохмалю та його подальшої некерованої полімеризації.

Також важливо дотримуватись умов техніки безпеки, зокрема, запобігати потраплянню рідини до електричних пристроїв і утримувати температуру стінок реактора не вище 40 градусів.

ВіКРовідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження Грінінк К.Р.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа		
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа Чумак Д.О.	Назва, додаткова назва <b>Техніко-економічне обґрунтування проекту</b>	<b>220802.КР.40.000 ПЗ</b>			
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>UA</b>	Аркуш 1/1

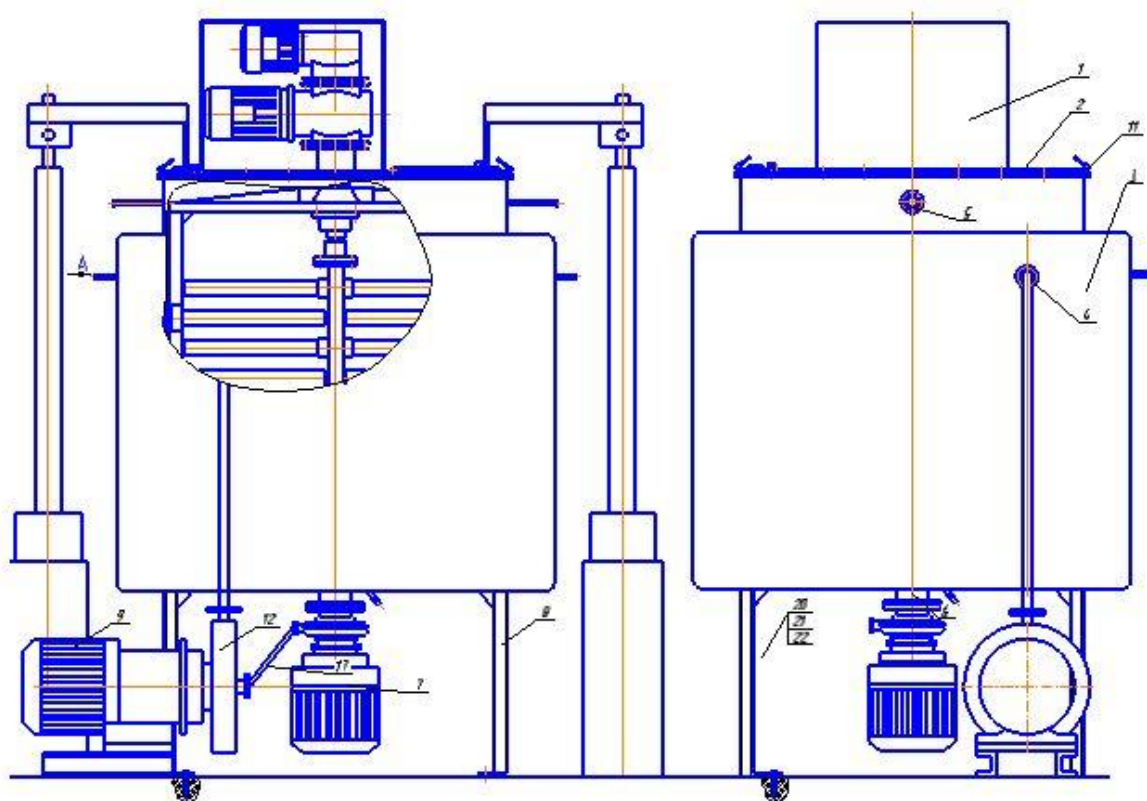
### 3.Опис запропонованої конструкції апарата

#### Пропозиція модернізації встановлення зовнішнього контуру звідцентровим насосом і дисковим млином

Для більшої продуктивності на машину було встановлено дискову мельницю (Рисунок 3.4.)

За рахунок якої ми збільшили продуктивні апарату. За рахунок встановлення нового вузла нам вдалось зменшити час перетирання частинок. Також на апарат був встановлений відцентровий насос та електродвигун .

Рисунок 3.4. Модернізований реактор-змішувач



Існує проблема виробництва складних неоднорідних середовищ, таких як мазі та пасти. Їх складні реологічні властивості ускладнюють процес перемішування, зазвичай потрібно 2-4 години на ігомогенізацію. Якщо перемішування проводиться неякісно, мазі та пасти швидко розшаровуються,

ВіКРовідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження Грінінк К.Р.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа Чумак Д.О.	Назва, додаткова назва <b>Опис запропонованої конструкції апарата</b>	<b>220802.КР.40.000 ПЗ</b>			
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/2

а їх структура стає нестабільною. Більшість устаткування не здатна забезпечити достатнє подрібнення частинок суспензії з лікарськими речовинами або фарбувальними матеріалами під час перемішування.

Операції тонкого подрібнення зазвичай проводять окремо у вологому стані, що може призводити до контамінації продукту протягом цього процесу, що робить його застосування ризикованим.

Тому доцільно поєднати операції змішування, гомогенізації та тонкого подрібнення в одному устаткуванні. Також слід розглянути можливість прискорення процесу змішування шляхом встановлення додаткових змішувальних елементів і їх взаємного руху.

#### 4. Вибір конструкційних матеріалів

Обладнання підприємств у фармацевтичній та хімічній промисловості складне, з численними деталями і вузлами, що мають контакт з продуктами. Пряма взаємодія з технологічними й фармацевтичними середовищами, тривала безперервна робота, абразивний вплив певних домішок, агресивне навколишнє середовище, вплив мийних та дезинфікуючих засобів, підвищена температура, значні тискові перепади й інші специфічні умови визначають особливі вимоги до матеріалів конструкцій.

При виборі матеріалу для деталей необхідно враховувати аналіз середовища, в якому працює установка, та всі фактори, що впливають на робочу здатність реактора-змішувача. З урахуванням цих вимог, нержавіюча сталь, зокрема сталь AISI 304, є найкращим вибором для виготовлення вказаних деталей. Вали реактора-змішувача теж контактують з агресивним середовищем, тому виготовляємо їх з нержавіючої сталі 45Х.

Теплову ізоляцію виготовляємо з мінеральної вати.

Інші деталі апарату виготовляємо з сталі Ст. 45

ВіКРовідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження Грінінк К.Р.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа		
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа Чумак Д.О.	Назва, додаткова назва <b>Вибір конструкційних матеріалів</b>	<b>220802.КР.40.000 ПЗ</b>			
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>UA</b>	Аркуш 1/1

## 5. Розрахункова частина

### Розрахунок продуктивності реактора-змішувача

Продуктивність реактора-змішувача розраховуємо за формулою:

$$P = \frac{M}{\tau_{осн} + \tau_{доп}}$$

де  $M$  – маса продукту в апараті, кг;

$\tau_{осн}$  - час проведення хімічної реакції, годин.

$\tau_{доп}$  - час допоміжних операцій (завантаження та розвантаження

компонентів та готового продукту).

Продуктивність апарату розраховуємо на прикладі приготування пасти.

Час реакції – 3 години.

Об'єм апарату – 0.4 м<sup>3</sup>.

Густина середовища – 0,85 кг/м<sup>3</sup>.

Тоді маса продукту в апараті 0,4\*0,75= 0,33 кг.

Час допоміжних операцій – 30 хвилин = 0.5 годин.

Тоді продуктивність апарату:

$$P = \frac{M}{\tau_{осн} + \tau_{доп}} = \frac{330}{3 + 0.5} = 72,5 \text{ кг / год}$$

Зазвичай апарат працює безперервно протягом 22-23 годин (14 циклів за добу), інший час відбувається розбирання та очищення апарату.

Тому добова продуктивність:

$$P_{доб} = 0.0725 * 22,5 = 1,63 \text{ тон / добу}$$

ВіКРовідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження Грінінк К.Р.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа		
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа Чумак Д.О.	Назва, додаткова назва <b>Розрахункова частина</b>	<b>220802.КР.40.000 ПЗ</b>			
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>UA</b>	Аркуш 1/11

## Розрахунок на механічну міцність

Після кожного циклу приготування стерилізують паром під надмірним тиском  $p=0,4\text{МПа}=4,08\text{кГ/см}^2$  ( $t_{\text{нас}}=142,9^\circ\text{C}$ ).

У реакторах використовується сталь марки 3, оскільки вона забезпечує найкращі умови для вирощування посівних культур. Нержавіюча сталь дозволяє створити оптимальні умови для розвитку рослин.

Товщину циліндричної обичайки розраховуємо за формулою:

$$S = \frac{pD_{\text{вн}}}{230\varphi\sigma_{\text{доп}} - p} + C = \frac{4,08 \cdot 2400}{230 \cdot 0,9 \cdot 11,7 - 4,08} + 3 = 7,1\text{мм}$$

де  $p$  – розрахунковий (робочій) тиск,  $p=0,4\text{МПа}=4,08\text{кГ/см}^2$

$\varphi$  - коефіцієнт міцності зварного шва;  $\varphi=0,9$ ;

$C$  – надбавка на корозію, знос та інші несприятливі фактори; приймаємо  $C=3\text{мм}$

$\sigma_{\text{доп}}$  – допустиме напруження матеріалу стінки; при температурі до  $200^\circ\text{C}$   
 $\sigma_{\text{доп}}=11,7\text{ кг/мм}^2=115\text{Мн/м}^2$

Товщину стінки еліптичних днищ знаходимо за формулою:

$$S_{\text{дн}} = \frac{pD_{\text{вн}}}{400K\sigma_{\text{доп}}\varphi - p} \cdot \frac{D_{\text{вн}}}{2h_{\text{в}}} + C = \frac{4,08 \cdot 2400}{400 \cdot 0,83 \cdot 11,7 \cdot 1 - 4,08} \cdot \frac{2400}{2 \cdot 600} + 5 = 10,05\text{ мм}$$

де  $\varphi$  - коефіцієнт міцності зварного шва (днище прийнято штамповане);  $\varphi=1$ ;

$\sigma_{\text{доп}}$  – допустиме напруження матеріалу стінки; при температурі до  $200^\circ\text{C}$   
 $\sigma_{\text{доп}}=11,7\text{ кг/мм}^2=115\text{Мн/м}^2$

$p$  – розрахунковий (робочій) тиск,  $p=0,4\text{МПа}=4,08\text{кГ/см}^2$

$C$  – надбавка на корозію, знос та інші несприятливі фактори; приймаємо  $C=5\text{мм}$

Безрозмірний коефіцієнт, який враховує послаблення днища отворами найбільшого діаметра, визначаємо за формулою:

$$K = 1 - \frac{d}{D_{\text{вн}}} = 1 - \frac{400}{2400} = 0,83$$

де  $d$  – діаметр лаза у днище;  $d=400\text{мм}$

Залежно від товщини еліптичних днищ, приймаємо товщину циліндричних обідків реактора  $S_{\text{ц}}=10\text{ мм}$ . Корпус реактора містить неукріплені отвори.

220802.КР.40.000 ПЗ

Інд. змін.

Дата видання

Мова  
UA

Аркуш  
2

Максимально допустимий діаметр неукріпленого отвору в циліндричній частині :

$$d_{\text{м.ц.}} = 8,1 \sqrt[3]{D_{\text{вн}}(S_{\text{ц}} - C_{\text{ц}})(1 - K)} = 8,1 \sqrt[3]{2400(10 - 3)(1 - 0,52)} = 162\text{мм}$$

де

$S_{\text{ц}}$  – надбавка до товщини стіни;  $C_{\text{ц}} = 3\text{мм}$

Значення  $K$  визначаємо за формулою:

$$K = \frac{pD_{\text{вн}}}{(230\sigma_{\text{доп}} - p)(S_{\text{ц}} - C_{\text{ц}})} = \frac{4,08 \cdot 2400}{(230 \cdot 11,7 - 4,08)(10 - 3)} = 0,52$$

Отворів, діаметр яких перевищує 162мм, в циліндричній частині реактора немає.

Максимально допустимий діаметр неукріпленого отвору в еліптичних днищах:

$$d_{\text{м.д.}} = 0,95D_{\text{вн}}(1 - K_1) = 0,95 \cdot 2400(1 - 0,84) = 365\text{мм}$$

Значення коефіцієнту  $K_1$  визначаємо за формулою:

$$K_1 = \frac{p}{400\sigma_{\text{доп}}} \cdot \left[ \frac{D_{\text{вн}}}{S_{\text{дн}} - C_{\text{дн}}} \cdot \frac{D_{\text{вн}}}{2h_{\text{в}}} - 1 \right] = \frac{4,08}{400 \cdot 11,7} \cdot \left[ \frac{2400^2}{(10 - 5) \cdot 2 \cdot 600} - 1 \right] = 0,84$$

Отворів, діаметр яких перевищує 365мм на у днищі не передбачається.

Гідравлічне випробування реактора має проводитись при тиску:

$$p_{\text{г}} = p + 2 = 4,08 + 2 = 6,08 \text{кГ/см}^2$$

До цього тиску додається гідростатичний тиск стовпа рідини, що заливається в апарат при випробуванні,  $p_{\text{ж}} = 0,1 \text{Н}$ .

Гідравлічний випробувальний тиск:

$$p_{\text{и}} = p_{\text{г}} + p_{\text{ж}} = 6,08 + 0,1 \cdot 4,98 = 6,578 \text{кГ/см}^2$$

Де  $H$  – висота реактора;  $H = 4,98\text{м}$

Допустима напруга матеріалу при гідравлічному випробування реактора має задовольняти вимозі:

$$\sigma = \frac{[D_{\text{вн}} + (S - C)]p_{\text{и}}}{2(S - C)\eta} \leq \frac{\sigma_{\text{Т}}}{1,2}$$

Де

220802.КР.40.000 ПЗ	Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 3
---------------------	------------	--------------	------------	------------

$S$  – товщина стінки апарата;  $S=0,01\text{м}$

$\eta$  – коефіцієнт міцності зварного шва;  $\eta=0,9$

$\sigma_T$  – межа текучості матеріалу; для Ст. 3  $\sigma_T = 24 \text{ кг/см}^2 = 236 \text{ Мн/м}^2$

Підставивши цифрові значення, отримаємо допустиму напругу:

$$\sigma = \frac{[240 + (1 - 0,3)]6,578}{2(1 - 0,3)0,9} = 1256 \text{ кг/см}^2$$

що менше, ніж

$$\frac{2400}{1,2} = 2000 \text{ кг/см}^2$$

## Розрахунок корпусу на зовнішній тиск

Корпус зазнає зовнішнього тиску води, який подається в охолоджувальну оболонку. Робочий тиск в оболонці становить  $p=1,5 \text{ кг/ [см]}^2$  (0,1472 МН/см<sup>2</sup>). Для забезпечення стійкості форми реактора від зовнішнього тиску прийнято запас чотирикратний від робочого тиску. Критичний тиск, при якому форма ємності стає нестійкою, є об'єктом особливої уваги,  $p_{\text{кр}} = 1,5 \cdot 4 = 6 \text{ кг/см}^2 = 588,6 \text{ кН/м}^2$ .

Товщину стінки реактора, що піддається зовнішньому тиску, визначаємо за формулою:

$$S = r \sqrt[3]{\frac{p_{\text{кр}}^4(1 - \mu^2)}{E}} = 121 \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 4(1 - 0,3^2)}{2100000}} = 0,72 \text{ см}$$

де  $\mu$  – коефіцієнт Пуассона;  $\mu=0,3$

$E$  – модуль пружності вуглецевої сталі;  $E=2100000 \text{ кг/см}^2$

Середній радіус циліндра:

$$r = \frac{D_{\text{вн}} + 2S}{2} = \frac{240 + 2 \cdot 1}{2} = \frac{242}{2} = 121 \text{ см}$$

Прийнята товщина стінки  $S=1 \text{ см}$  забезпечує стійкість форми реактора.

## Розрахунок зовнішньої стінки охолоджуючої сорочки реактора

Товщина стінки сорочки апарату розраховуємо за формулою:

$$S_{\text{дн}} = \frac{pD_{\text{вн}}}{230\sigma_{\text{доп}}\varphi - p} + C = \frac{4,08 \cdot 2480}{230 \cdot 11,7 \cdot 0,9 - 1,5} + 3 = 7,2 \text{ мм}$$

де  $p$  – розрахунковий (робочій) тиск,  $p=1,58\text{кГ/см}^2$

$\varphi$  - коефіцієнт міцності зварного шва;  $\varphi=0,9$ ;

$C$  – надбавка на корозію, знос та інші несприятливі фактори; приймаємо  $C=3\text{мм}$

$\sigma_{\text{доп}}$  – допустиме напруження матеріалу стінки на розтяг;  
 $\sigma_{\text{доп}}=11,7\text{кГ/мм}^2=115\text{МН/м}^2$

Приймаємо  $S=8\text{мм}$ .

## Розрахунок потужності приводу реактора-змішувача

Порядок розрахунку потужності на перемішування :

1. Розраховуємо КРитерій Рейнольдса
2. Розраховуємо КРитерій потужності за формулою для конкретної мішалки
3. Розраховуємо потужність перемішування.
4. З врахуванням коефіцієнту корисної дії приводу та втрат потужності в торцевому ущільненні.

### Розрахунок внутрішньої лопатевої мішалки

Коефіцієнт Рейнольдса заповнюємо за формулою:

де: 
$$Re_e = \frac{n \cdot d^2 \cdot \rho}{\mu} = \frac{2.5 \cdot 0.76^2 \cdot 1100}{5} = 51$$

$\rho$  – густина середовища, кг/м<sup>3</sup>;

$\mu$  – в'язкість перемішувальної рідини, Нхс/м<sup>2</sup>

КРитерій потужності для дволопатевої мішалки розраховуємо за формулою:

$$Kn = 1.09 \cdot Re_e^{0.31} \left( \frac{D}{d} \right)^{0.31} = 1.09 \cdot 51^{0.91} \left( \frac{0.86}{0.76} \right)^{0.31} = 69$$

D – діаметр апарату, м

d – діаметр валу мішалки, м.

Потужність мішалки розраховуємо за формулою:

В апараті розміщено 5 лопатевих мішалок, тому сумарна потужність на валу з внутрішніми мішалками:

$$N_{\text{сум}} = N_1 \cdot 5 = 568.1 \cdot 5 = 2840 \text{ Вт}$$

Оскільки в апараті встановлено сучасне торцеве ущільнення замість застарілого сальникового, втрати потужності в ньому є дуже малі порівняно з сальниковим. Можна припустити, що на подолання опору обертання вала в ущільненні витрачається тільки 100 Вт. Щодо потужності мотор-редуктора внутрішньої мішалки, то  $N=3$  кВт.

### Розрахунок зовнішньої рамної мішалки

Коефіцієнт Рейнольдса:

$$Re_{\epsilon} = \frac{n \cdot d^2 \cdot \rho}{\mu} = \frac{1 \cdot 0.305^2 \cdot 1100}{5} = 51$$

Критерій потужності для дволопатевої мішалки розраховуємо за формулою:

$$Kn = 7,9 \cdot Re_{\epsilon}^{0.77} \left( \frac{h}{d} \right) = 7.09 \cdot 51^{0.91} \left( \frac{0.750}{0.810} \right) = 363$$

$D$  – діаметр апарату, м

$d$  – діаметр валу мішалки, м.

Потужність мішалки розраховуємо за формулою:

$$N_1 = Kn \cdot \mu \cdot n^2 \cdot d^3 = 363 \cdot 5 \cdot 1^2 \cdot 0.81^3 = 890 \text{ Вт}$$

Приймаємо потужність мотор-редуктора зовнішньої мішалки мішалки  $N=1,5$  кВт.

## Тепловий розрахунок реактора апарату.

### Розрахунок водяної сорочки

У реакторі змішувач зазвичай використовується для підігріву гетерогенної системи, причому функція водяної оболонки полягає лише в підтримці постійної температури. Іноді продукт нагрівається безпосередньо в реакторі за умов постійного перемішування. Наприклад, якщо потрібно підігріти систему з розчину хімічних реагентів та КРохмалю в реакторі від 20 до 60°C, середовище має нагрітись за півгодини ( $\tau=0,5$ ). Кількість тепла, що передається від водяної сорочки до продукту в реакторі:

$$Q = \frac{V \rho c (t_2 - t_1)}{\tau}$$

де  $V$  – об'єм середовища;  $V=0,9 \text{ м}^3$

$\rho$  – густина середовища;  $\rho=1050 \text{ кг/м}^3$

$c$  - теплоємність середовища,  $c = 2,5 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{°C}}$

Тоді:

$$Q = \frac{V \rho c (t_2 - t_1)}{0,5} = \frac{0,9 \cdot 1050 \cdot 2,5 (60 - 20)}{0,5} = 189000 \frac{\text{кДж}}{\text{год}} = 52,5 \frac{\text{кДж}}{\text{с}} \quad (\text{або } \text{кВт})$$

Кількість води, яку потрібно витратити на нагрівання продукту в реакторі, за умови, що початкова температура води – 100 °C, кінцева – 70 °C:

$$M_B = \frac{Q + 2\%Q}{c(t_2 - t_1)} = \frac{189000 + 2\%(189000)}{4,19(100 - 70)} = 1591 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$$

## Розрахунок теплової ізоляції

Згідно умов безпеки праці температура зовнішньої стінки апарату не повинна перевищувати 40 °С.

Температура води в водяній сорочці – 100 °С.

Матеріал ізоляції – мінеральна вата.

Товщину теплової ізоляції розраховуємо за формулою:

$$\delta = \frac{\lambda(t_{cm} - t_{із})}{\alpha(t_{із} - t_n)} = \frac{1,3(100 - 40)}{13,5(40 - 20)} = 0,21 м$$

де:

$\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності мінеральної вати, Вт/(м·К);

$\alpha$  – коефіцієнт теплопередачі від зовнішньої поверхні ізоляції в навколишнє середовище, Вт/(м<sup>2</sup>·К)

$t_{ст}$  - температура стінки апарату з боку ізоляції (приймаємо рівною температурі теплоносія)

$t_{із}$  – температура зовнішньої стінки ізоляції;

$t_n$  – температура навколишнього повітря.

Таким чином, якщо товщина ізоляції з мінеральної вати перевищує 0,21 м, то будуть виконані вимоги охорони праці, які передбачають, що температура стінок теплообмінних пристроїв не повинна перевищувати 40 градусів.

## Розрахунок валу мішалки на міцність

Діаметр валу, на якому закріплена мішалка, розраховуємо за умови міцності за деформації Кручення.

Потужність на валу:  $N = 6$  кВт

Частота обертання валу:  $n = 150$  об/хв.

Крутний момент на валу:

$$T = 9550 \frac{N}{n}$$

де - потужність на валу, кВт

$n$  - частота обертання валу, об/хв.

тоді

$$T = 9550 \frac{N}{n} = 9550 \frac{6}{150} = 382 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Граничне напруження Кручення для сталі 45Х:

$$[\tau_{кр}] = 40 \text{ Мпа}$$

Тоді діаметр валу:

$$d = \sqrt{\frac{T}{0,2 \cdot [\tau_{кр}]}} = \sqrt{\frac{382}{0,2 \cdot 40}} = 47 \text{ мм}$$

З конструктивних міркувань, а саме, для закріплення втулок з лопатями, Кріплення фланця, зручності обслуговування приймаємо діаметр валу

$$d = 50 \text{ мм}$$

## 6. Технологія виготовлення оКРемих деталей

### 6.1 Вибір заготовки і розрахунок припусків

В якості заготовки обираємо виливок виготовлений литтям в кокіль.

Розрахунок загального припуску заготовки ведемо за найточнішим розміром  $\varnothing 80h7$ .

- Припуск на чистове точіння (мінімальний припуск на оброблення поверхні – двосторонній):  $2Z_{\min} = 2 \cdot (R_{Z3} + D_3 + \sqrt{T_{np3}^2 + \varepsilon_{y4}})$ ,

де:  $R_{Z3} = 20$  мкм – висота міКРо нерівностей,

$D_3 = 20$  мкм – глибина дефектного шару,

$T_{np3} = 0$ ,  $\varepsilon_{y4} = 0$  – віКРовідно сумарне значення просторових похибок і похибка установки

$$2Z_{\min} = 2 \cdot (20 + 20) = 80, \text{ мкм}$$

- Припуск на чистове точіння (максимальний припуск на оброблення поверхні – двосторонній):

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

де:  $T_1 = 200$  мкм – допуск при чорновому точінні,

$T_2 = 30$  – допуск при чистовому точінні.

$$2Z_{\max} = 80 + 200 - 30 = 250 \text{ мкм}$$

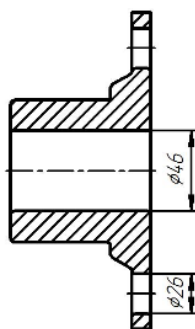
- Номінальний припуск на оброблення поверхонь:

$$2Z_{\text{ном}} = \frac{2Z_{\min} + 2Z_{\max}}{2} = \frac{80 + 250}{2} = 165 \text{ мкм}$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_m = \frac{M_{\text{дет}}}{M_{\text{заг}}} = \frac{3,68}{4,6} = 0,8$$

ВіКРовідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження Грінінк К.Р.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа Чумак Д.О.	Назва, додаткова назва <b>Розрахункова частина</b>	<b>220802.КР.40.000 ПЗ</b>				
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>UA</b>	Аркуш 1/18	



Заготівельна операція

**Маршрутна технологічна карта**

№ операції (переходу)	Назва операції (переходу)	Технологічне обладнання, пристрої, оброблюваний інструмент, контрольний інструмент
10	<b>Заготівельна</b>	
10.1	Відлити заготовку з припусками немеханічну обробку	Лиття в кокіль
20	<b>Токарна</b>	Токарно – гвинторізний верстат 16К20.3-х кулачковий патрон.
	<b>УЗЗ</b>	Різець прохідний відігнутий правий Т15К6, $\varphi = 45$ , $\varphi_1 = 90$ , $\beta = 45$
20.1	Торцювати пов.1 $z=1,25\text{мм}$	
30	<b>Свердлильна</b>	Свердлильний верстат 2Н125, зажим, оправка, упор.
	<b>УЗЗ</b>	Свердло 48,7, Р6М5
30.1	Свердлити отвір під 50Н9, пов.2	Зенкер 49,75, Р6М5
30.2	Зенкерувати отвір під 50Н9, пов.2	Розвертка 50Н9, Р6М5, калібр
30.3	Розвернути отвір під 50Н9, пов.2	пробка 50Н9

220802.КР.40.000 ПЗ

Інд. змін.

Дата видання

Мова  
UA

Аркуш  
2

	Свердлити отвір під 30Н9, пов.3	
30.4	Зенкерувати отвір під	Свердло 28 , Р6М5
30.5	30Н9, пов.3	Зенкер 29,5 , Р6М5
	Розвернути отвір під	
30.6	30Н9, пов.3.	Розвертка 30Н9, Р6М5, калібр пробка 30Н9
	Свердлити отвір під 30Н9, пов.4	
30.4	Зенкерувати отвір під	Свердло 28 , Р6М5
30.5	30Н9, пов.4	Зенкер 29,5 , Р6М5
	Розвернути отвір під	
30.6	30Н9, пов.4.	Розвертка 30Н9, Р6М5, калібр пробка 30Н9

40	<b>Токарна</b> <b>УЗЗ</b>	Токарно-гвинторізний верстат 16К20, оправка
40.1	Торцювати пов.5 $z=1,25\text{мм}$ Витримавши 87мм	Різець прохідний відігнутий правий Т15К6, $\varphi =45$ , $\varphi_1 =45$ ,
40.2	Торцювати пов.6 $z=1,25\text{мм}$ Витримавши 25мм	$\beta =45$ . ШЦ1 Різець прохідний відігнутий правий Т15К6, $\varphi =45$ , $\varphi_1 =45$ ,
40.3	Точити пов.7 $\varnothing 80$ начорно на довжину 62 мм	$\beta =45$ . ШЦ1

40.4	Точити Ø76 на довжину 38 мм	Різець прохідний упорний правий $b \times h \times l = 16 \times 25 \times 140$ мм, $\alpha = 8^\circ$ , $\gamma = 10^\circ$ , $\varphi = 90^\circ$ Т15К6. ШЦ1.
40.5	Зняти 2-і фаски $2 \times 45^\circ$	Різець прохідний упорний правий $b \times h \times l = 16 \times 25 \times 140$ мм, $\alpha = 8^\circ$ , $\gamma = 10^\circ$ , $\varphi = 90^\circ$ Т15К6. ШЦ1.
40.6	Точити канавки глибиною 0,5 мм і довжиною 2 мм на Ø80	Різець прохідний відігнутий правий Т15К6. $\varphi = 45^\circ$ , $\varphi_1 = 90^\circ$ ,
40.7	Точити Ø80h7 начисто на довжину 20мм	$\beta = 45^\circ$ . ШЦ1 Різець відрізний Т5К16, В = 2 мм, ШЦ – 1. Різець прохідний упорний правий $b \times h \times l = 16 \times 25 \times 140$ мм, $\alpha = 8^\circ$ , $\gamma = 10^\circ$ , $\varphi = 90^\circ$ Т15К6. ШЦ1.

## 6.2 Розрахунок режимів різання

### 6.2.1. Токарна

20.1 Торцювати поверхню 1

- Глибина різання:

$$t = 1,25 \text{ мм}$$

Вибираємо подачу:  $S = 0.4 \dots 0.5$  мм/об, приймаємо  $S = 0.5$  мм/об.

З табл. 20 вибираємо залежність для визначення швидкості різання і визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_V}{T^{0.2} \cdot t^{0.15} \cdot S^{0.35}} = \frac{463}{60^{0.2} \cdot 1.25^{0.15} \cdot 0.5^{0.35}} = 252 \text{ м/хв}$$

220802.КР.40.000 ПЗ

Інд. змін.

Дата видання

Мова  
UA

Аркуш  
4

де:  $T$  – стійкість різця, приймаємо  $T = 60$  хв.

- Потрібна частота обертів шпинделя верстата:

$$n_g = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_3} = \frac{1000 \cdot 252}{3,14 \cdot 196} = 409 \text{ об/хв}$$

Згідно метод. 3021, вибираємо найближче менше значення  $n_b = 350$  об/хв.

- Дійсна швидкість різання:

$$V_\partial = \frac{\pi \cdot D_3 \cdot n_g}{1000} = \frac{3,14 \cdot 196 \cdot 350}{1000} = 215 \text{ м/хв}$$

- Розрахункова довжина оброблення:

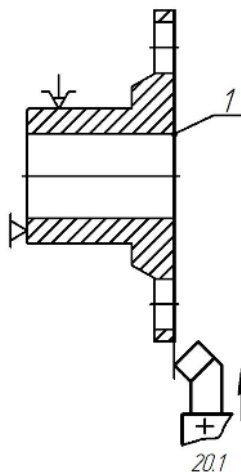
$$L = 98 + 2 = 100 \text{ мм}$$

- Основний час на виконання переходу:

$$f_o = \frac{L}{n_g \cdot S} = \frac{100}{350 \cdot 0.5} = 0,6 \text{ хв}$$

- Допоміжний час:

$$t_\partial = t_1 + t_2 = 0,11 + 0,1 = 0,21 \text{ хв}$$



Токарна операція

### 6.2.2. Свердлильна

30.1 Свердлити отвір під 50H9

- Глибина різання

$$t = \frac{d_3 - d_{св}}{2} = \frac{48,7 - 46}{2} = 1,35 \text{ мм}$$

220802.КР.40.000 ПЗ

Інд. змін.

Дата видання

Мова  
UA

Аркуш  
5

- Вибираємо подачу. Для сталей з  $\sigma_B \leq 800$  МПа при свердлінні отворів  $\varnothing 50$  мм рекомендуються подачі 0,45...0,55 мм/об. Приймаємо  $S = 0.5$  мм/об.
- Визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{18 \cdot d^{0.4}}{T^{0.2} \cdot t^{0.2} \cdot S^{0.5}}$$

де  $T = 90$  хв – стійкість свердла.

Тоді

$$V = \frac{18 \cdot 48,7^{0.4}}{90^{0.2} \cdot 1.35^{0.2} \cdot 0.50^{0.5}} = 31 \text{ м/хв}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi d_{св}} = \frac{1000 \cdot 31}{3.14 \cdot 48,7} = 203 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо  $n_B = 200$  об/хв.

- Тоді дійсна швидкість різання буде дорівнювати

$$V_D = \frac{\pi d_{св} n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 48,7 \cdot 200}{1000} = 31 \text{ м/хв.}$$

- Основний час на виконання переходу

$$t_{01} = \frac{L}{S \cdot n_B},$$

де  $L = l + l_1 + l_2 + l_3$

де  $l = 87$  мм – глибина свердління;  $l_1 = 2$  мм – величина на підведення свердла з механічною подачею;  $l_1 + l_2 = 7$  мм (табл. 48) – додаток на врізання і перебіг свердла

$$t_{01} = \frac{96}{0.50 \cdot 200} = 0.96 \text{ хв.}$$

- Допоміжний час на перехід

$$t_{\Delta 1} = 0.1 \text{ хв (табл. 51).}$$

## 30.2 Зенкерувати отвір під 50Н9

- Глибина різання

$$t = \frac{d_3 - d_{сб}}{2} = \frac{49,75 - 48,7}{2} = 0,525 \text{ мм}$$

- Вибираємо подачу. Для сталей при зенкеруванні отворів  $\varnothing 50$  мм рекомендуються подачі 1...1,3 мм/об. Приймаємо  $S = 1,2$  мм/об.
- Визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{18,6 \cdot d^{0.3}}{T^{0.3} \cdot t^{0.2} \cdot S^{0.7}}$$

де  $T = 60$  хв.

Тоді

$$V = \frac{18,6 \cdot 49,75^{0.3}}{60^{0.3} \cdot 0,525^{0.2} \cdot 1,2^{0.7}} = 17,5$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 17,5}{3,14 \cdot 49,75} = 112 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо  $n_B = 100$  об/хв.

- Тоді дійсна швидкість різання буде дорівнювати

$$V_d = \frac{\pi d n_g}{1000} = \frac{3,14 \cdot 49,75 \cdot 100}{1000} = 15,61 \text{ м/хв.}$$

- Основний час на виконання переходу

$$t_{01} = \frac{L}{S \cdot n_g},$$

де  $L = l + l_1 + l_2 + l_3$

де  $l = 87$  мм – глибина свердління;  $l_1 = 2$  мм – величина на підведення свердла з механічною подачею;  $l_1 + l_2 = 6$  мм (табл. 48) – додаток на врізання і перебіг свердла

$$t_{01} = \frac{95}{1,2 \cdot 100} = 0,79 \text{ хв.}$$

- Допоміжний час на перехід

$t_{\Delta 1} = 0,1 \text{ хв}$  (табл. 51).

### 30.3 Розвернути отвір під 50H9

- Глибина різання

$$t = \frac{d_3 - d_{св}}{2} = \frac{50 - 49,75}{2} = 0,125 \text{ мм}$$

- Вибираємо подачу. Рекомендуються подачі 1,2...1,5 мм/об. Приймаємо  $S = 1,2$  мм/об.
- Визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{12 \cdot d^{0.3}}{T^{0.4} \cdot t^{0.2} \cdot S^{0.65}}$$

де  $T = 60$  хв.

Тоді

$$V = \frac{12 \cdot 50^{0.3}}{60^{0.4} \cdot 0.125^{0.2} \cdot 1.2^{0.65}} = 10,1$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 10,1}{3.14 \cdot 50} = 64,3 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо  $n_B = 60$  об/хв.

- Тоді дійсна швидкість різання буде дорівнювати

$$V_D = \frac{\pi d n_g}{1000} = \frac{3,14 \cdot 50 \cdot 60}{1000} = 9,42 \text{ м/хв.}$$

- Основний час на виконання переходу

$$t_{01} = \frac{L}{S \cdot n_g},$$

де  $L = l + l_1 + l_2 + l_3$

де  $l = 87$  мм – глибина свердління;  $l_1 = 2$  мм – величина на підведення свердла з механічною подачею;  $l_1 + l_2 = 45$  мм (табл. 48) – додаток на врізання і перебіг свердла

$$t_{01} = \frac{135}{1.2 \cdot 60} = 1,8 \text{ хв.}$$

- Допоміжний час на перехід

$t_{\Delta 1} = 0,1 \text{ хв}$  (табл. 51).

### 30.4 Свердлити отвір під 30H9

- Глибина різання

220802.КР.40.000 ПЗ	Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 8
---------------------	------------	--------------	------------	------------

$$t = \frac{d_3 - d_{св}}{2} = \frac{28 - 26}{2} = 1 \text{ мм}$$

- Вибираємо подачу. Для сталей з  $\sigma_B \leq 800$  МПа при свердлінні отворів  $\varnothing 30$  мм рекомендуються подачі 0,33...0,41 мм/об. Приймаємо  $S = 0.35$  мм/об.
- Визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{18 \cdot d^{0.4}}{T^{0.2} \cdot t^{0.2} \cdot S^{0.5}}$$

де  $T = 50$  хв – стійкість свердла.

Тоді

$$V = \frac{18 \cdot 28^{0.4}}{50^{0.2} \cdot 1^{0.2} \cdot 0.35^{0.5}} = 52,8 \text{ м/хв}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi d_{св}} = \frac{1000 \cdot 52,8}{3,14 \cdot 28} = 600,5 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо  $n_B = 600$  об/хв.

- Тоді дійсна швидкість різання буде дорівнювати

$$V_D = \frac{\pi d_{св} n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 28 \cdot 600}{1000} = 52,75 \text{ м/хв.}$$

- Основний час на виконання переходу

$$t_{01} = \frac{L}{S \cdot n_B},$$

де  $L = l + l_1 + l_2 + l_3$

де  $l = 12$  мм – глибина свердління;  $l_1 = 2$  мм – величина на підведення свердла з механічною подачею;  $l_1 + l_2 = 6$  мм (табл. 48) – додаток на врізання і перебіг свердла

$$t_{01} = \frac{18}{0.35 \cdot 600} = 0,09 \text{ хв.}$$

- Допоміжний час на перехід

$$t_{\Delta 1} = 0,1 \text{ хв (табл. 51).}$$

30.5 Зенкерувати отвір під 30Н9

- Глибина різання

$$t = \frac{d_3 - d_{св}}{2} = \frac{29,5 - 28}{2} = 0,75 \text{ мм}$$

- Вибираємо подачу. Для сталей при зенкеруванні отворів  $\varnothing 30$  мм рекомендуються подачі  $0,8 \dots 1$  мм/об. Приймаємо  $S = 1$  мм/об.
- Визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{18,6 \cdot d^{0,3}}{T^{0,3} \cdot t^{0,2} \cdot S^{0,7}}$$

де  $T = 30$  хв.

Тоді

$$V = \frac{18,6 \cdot 29,5^{0,3}}{30^{0,3} \cdot 0,75^{0,2} \cdot 1^{0,7}} = 20$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 29,5} = 215,9 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо  $n_B = 200$  об/хв.

- Тоді дійсна швидкість різання буде дорівнювати

-

$$V_D = \frac{\pi d n_e}{1000} = \frac{3,14 \cdot 29,5 \cdot 200}{1000} = 18,5 \text{ м/хв.}$$

- Основний час на виконання переходу

$$t_{01} = \frac{L}{S \cdot n_e},$$

де  $L = l + l_1 + l_2 + l_3$

де  $l = 12$  мм – глибина свердління;  $l_1 = 2$  мм – величина на підведення свердла з механічною подачею;  $l_1 + l_2 = 5$  мм (табл. 48) – додаток на врізання і перебіг свердла

$$t_{01} = \frac{17}{1 \cdot 200} = 0,09 \text{ хв.}$$

- Допоміжний час на перехід

$t_{\Delta 1} = 0,1$  хв (табл. 51).

30.6 Розвернути отвір під 30Н9

- Глибина різання

$$t = \frac{d_3 - d_{ce}}{2} = \frac{30 - 29,5}{2} = 0,25 \text{ мм}$$

- Вибираємо подачу. Рекомендуються подачі 0,8...1,2 мм/об. Приймаємо  $S = 1$  мм/об.
- Визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{12 \cdot d^{0.3}}{T^{0.4} \cdot t^{0.2} \cdot S^{0.65}}$$

де  $T = 30$  хв.

Тоді

$$V = \frac{12 \cdot 30^{0.3}}{30^{0.4} \cdot 0.25^{0.2} \cdot 1^{0.65}} = 11,2$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 11,2}{3,14 \cdot 30} = 118,9 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо  $n_B = 100$  об/хв.

- Тоді дійсна швидкість різання буде дорівнювати

$$V_D = \frac{\pi d n_e}{1000} = \frac{3,14 \cdot 30 \cdot 100}{1000} = 9,42 \text{ м/хв.}$$

- Основний час на виконання переходу

$$t_{01} = \frac{L}{S \cdot n_e},$$

де  $L = l + l_1 + l_2 + l_3$

де  $l = 12$  мм – глибина свердління;  $l_1 = 2$  мм – величина на підведення свердла з механічною подачею;  $l_1 + l_2 = 33$  мм (табл. 48) – додаток на врізання і перебіг свердла

$$t_{01} = \frac{45}{1 \cdot 100} = 0,45 \text{ хв.}$$



### 6.2.3. Токарна

#### 40.1 Торцювати поверхню 5

- Глибина різання:

$$t = 1,25 \text{ мм}$$

Вибираємо подачу:  $S = 0.4 \dots 0.5$  мм/об, приймаємо  $S = 0.5$  мм/об.

З табл. 20 вибираємо залежність для визначення швидкості різання і визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_V}{T^{0.2} \cdot t^{0.15} \cdot S^{0.35}} = \frac{463}{60^{0.2} \cdot 1.25^{0.15} \cdot 0.5^{0.35}} = 252 \text{ м/хв}$$

де:  $T$  – стійкість різця, приймаємо  $T = 60$  хв.

- Потрібна частота обертів шпинделя верстата:

$$n_g = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_3} = \frac{1000 \cdot 252}{3,14 \cdot 84} = 955 \text{ об/хв}$$

Згідно метод. 3021, вибираємо найближче менше значення  $n_B = 900$  об/хв.

- Дійсна швидкість різання:

$$V_o = \frac{\pi \cdot D_3 \cdot n_g}{1000} = \frac{3,14 \cdot 84 \cdot 900}{1000} = 237 \text{ м/хв}$$

- Розрахункова довжина оброблення:

$$L = 42 + 2 = 44 \text{ мм}$$

- Основний час на виконання переходу:

$$f_o = \frac{L}{n_g \cdot S} = \frac{44}{900 \cdot 0.5} = 0,1 \text{ хв}$$

- Допоміжний час:

$$t_o = t_1 + t_2 = 0.11 + 0.1 = 0.21 \text{ хв}$$

#### 40.2 Торцювати поверхню 6

- Глибина різання:

$$t = 1,25 \text{ мм}$$

Вибираємо подачу:  $S = 0.4 \dots 0.5$  мм/об, приймаємо  $S = 0.5$  мм/об.

З табл. 20 вибираємо залежність для визначення швидкості різання і визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_V}{T^{0.2} \cdot t^{0.15} \cdot S^{0.35}} = \frac{463}{60^{0.2} \cdot 1.25^{0.15} \cdot 0.5^{0.35}} = 252 \text{ м/хв}$$

де:  $T$  – стійкість різця, приймаємо  $T = 60$  хв.

- Потрібна частота обертів шпинделя верстата:

$$n_g = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_3} = \frac{1000 \cdot 252}{3,14 \cdot 158} = 508 \text{ об/хв}$$

Згідно метод. 3021, вибираємо найближче менше значення  $n_B = 450$  об/хв.

- Дійсна швидкість різання:

$$V_o = \frac{\pi \cdot D_3 \cdot n_g}{1000} = \frac{3,14 \cdot 158 \cdot 450}{1000} = 223 \text{ м/хв}$$

- Розрахункова довжина оброблення:

$$L = 79 + 2 = 81 \text{ мм}$$

- Основний час на виконання переходу:

$$f_o = \frac{L}{n_g \cdot S} = \frac{81}{450 \cdot 0.5} = 0,35 \text{ хв}$$

- Допоміжний час:

$$t_o = t_1 = 0.11 + 0.1 = 0.21 \text{ хв}$$

#### 40.3 Точити $\varnothing 80$ на довжині 87мм

- Глибина різання:

$$t = \frac{D_3 - d_3}{2} = \frac{84 - 80,2}{2} = 1,9 \text{ мм}$$

Вибираємо подачу:  $S = 0.4 \dots 0.5$  мм/об, приймаємо  $S = 0.5$  мм/об.

З табл. 20 вибираємо залежність для визначення швидкості різання і визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_V}{T^{0.2} \cdot t^{0.15} \cdot S^{0.35}} = \frac{327}{60^{0.2} \cdot 1.9^{0.15} \cdot 0.5^{0.35}} = 167 \text{ м/хв}$$

де:  $T$  – стійкість різця, приймаємо  $T = 60$  хв.

- Потрібна частота обертів шпинделя верстата:

220802.КР.40.000 ПЗ	Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 14
---------------------	------------	--------------	------------	-------------

Згідно метод. 3021, вибираємо найближче менше значення  $n_B = 600$  об/хв.

- Дійсна швидкість різання:

$$V_o = \frac{\pi \cdot D_3 \cdot n_g}{1000} = \frac{3,14 \cdot 84 \cdot 600}{1000} = 158 \text{ м/хв}$$

- Розрахункова довжина оброблення:

$$L = 87 + 2 = 89 \text{ мм}$$

- Основний час на виконання переходу:

$$f_o = \frac{L}{n_g \cdot S} = \frac{87}{600 \cdot 0,5} = 0,3 \text{ хв}$$

- Допоміжний час:

$$t_o = t_1 + t_2 = 0,11 + 0,1 = 0,21 \text{ хв}$$

40.4 Точити  $\varnothing 76$  на довжині 38 мм

- Глибина різання:

$$t = \frac{D_3 - d_3}{2} = \frac{80,2 - 76}{2} = 2,1 \text{ мм}$$

Вибираємо подачу:  $S = 0,4 \dots 0,5$  мм/об, приймаємо  $S = 0,5$  мм/об.

З табл. 20 вибираємо залежність для визначення швидкості різання і визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_V}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,35}} = \frac{327}{60^{0,2} \cdot 2,1^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} = 164 \text{ м/хв}$$

де:  $T$  – стійкість різця, приймаємо  $T = 60$  хв.

- Потрібна частота обертів шпинделя верстата:

$$n_g = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_3} = \frac{1000 \cdot 164}{3,14 \cdot 80,2} = 651 \text{ об/хв}$$

Згідно метод. 3021, вибираємо найближче менше значення  $n_B = 600$  об/хв.

- Дійсна швидкість різання:

$$V_o = \frac{\pi \cdot D_3 \cdot n_g}{1000} = \frac{3,14 \cdot 80,2 \cdot 600}{1000} = 151 \text{ м/хв}$$

- Розрахункова довжина оброблення:

$$L = 38 + 2 = 40 \text{ мм}$$

$$f_o = \frac{L}{n_g \cdot S} = \frac{40}{600 \cdot 0.5} = 0,13 \text{ хв}$$

- Допоміжний час:

$$t_o = t_1 = 0,11 \text{ хв}$$

#### 40.5 Зняти 2-і фаски $2 \times 45^\circ$

- Основний час  $t_o = 0,18 \text{ хв}$

- Допоміжний час  $t_o = 0,04 \text{ хв}$

#### 40.6 Точити канавку глибиною 0,5 мм і довжиною 2 мм на $\varnothing 80$

- Основний час:

$$t_o = 0,35 \text{ хв}$$

- Допоміжний час:

$$t_o = 0,14 \text{ хв}$$

#### 40.4 Точити $\varnothing 80,03$ на довжині 20 мм

- Глибина різання:

$$t = \frac{D_3 - d_3}{2} = \frac{80,2 - 80,03}{2} = 0,085 \text{ мм}$$

Вибираємо подачу:  $S = 0.4 \dots 0.5$  мм/об, приймаємо  $S = 0.5$  мм/об.

З табл. 20 вибираємо залежність для визначення швидкості різання і визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_V}{T^{0.2} \cdot t^{0.15} \cdot S^{0.35}} = \frac{327}{60^{0.2} \cdot 0,085^{0.15} \cdot 0,5^{0.35}} = 266 \text{ м/хв}$$

де:  $T$  – стійкість різця, приймаємо  $T = 60$  хв.

- Потрібна частота обертів шпинделя верстата:

$$n_g = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_3} = \frac{1000 \cdot 266}{3,14 \cdot 80,2} = 1056 \text{ об/хв}$$

Згідно метод. 3021, вибираємо найближче менше значення  $n_B = 900$  об/хв.

- Дійсна швидкість різання:

$$V_o = \frac{\pi \cdot D_3 \cdot n_g}{1000} = \frac{3,14 \cdot 80,2 \cdot 900}{1000} = 227 \text{ м/хв}$$

- Розрахункова довжина оброблення:

$$L = 20 + 2 = 22 \text{ мм}$$

- Основний час на виконання переходу:

$$f_o = \frac{L}{n_g \cdot S} = \frac{22}{900 \cdot 0.5} = 0,1 \text{ хв}$$

- Допоміжний час:

$$t_o = t_1 + t_2 = 0,11 + 0,1 = 0,21 \text{ хв}$$

- Норма часу для всієї операції:

$$T_o = \sum_1^i t_{oi} = 0,1 + 0,35 + 0,3 + 0,13 + 0,18 + 0,35 + 0,1 = 1,61 \text{ хв}$$

$$T_o = 2 \cdot t_y + \sum_1^i t_o = 2 \cdot 0,39 + 0,21 + 0,21 + 0,21 + 0,11 + 0,04 + 0,14 + 0,21 = 1,91 \text{ хв}$$

де:  $t_y$  – допоміжний час на установлення (переустановлення), закріплення і зняття деталі.

- Операційний час

$$T_{оп} = T_o + T_o = 1,61 + 1,91 = 3,52 \text{ хв}$$

- Час на обслуговування робочого місця, перерви, віКРочинок і природні потреби:

$$T_{об} + T_{н.н} = (2,5 + 4,0) \cdot T_{оп} / 100 \text{ (табл..24)}$$

$$T_{об} + T_{н.н} = 6,5 \cdot 3,52 / 100 = 0,23 \text{ хв}$$

- Штучний час становить  $T_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_{н.н} = 3,52 + 0,23 = 3,75 \text{ хв}$

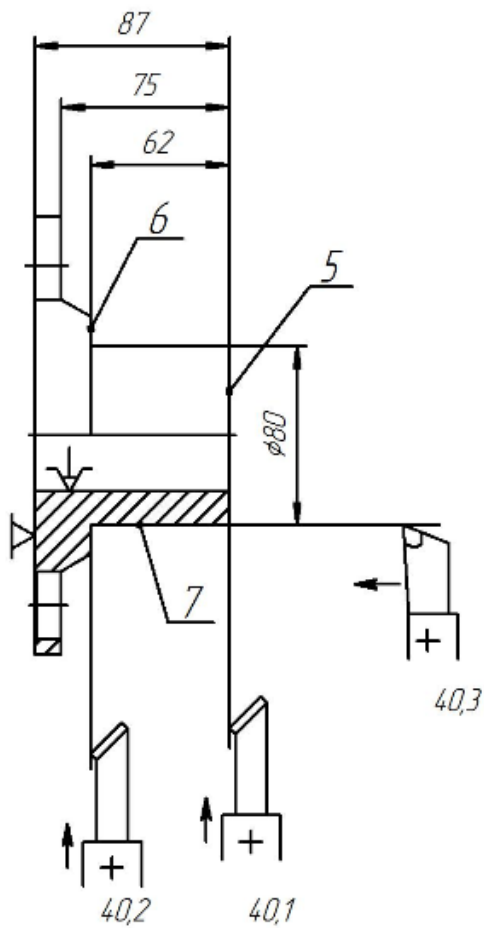
- Калькуляційний час на виконання операції при виготовленні однієї деталі:

$$T_k = T_{шт} + \frac{T_{п.з.}}{n},$$

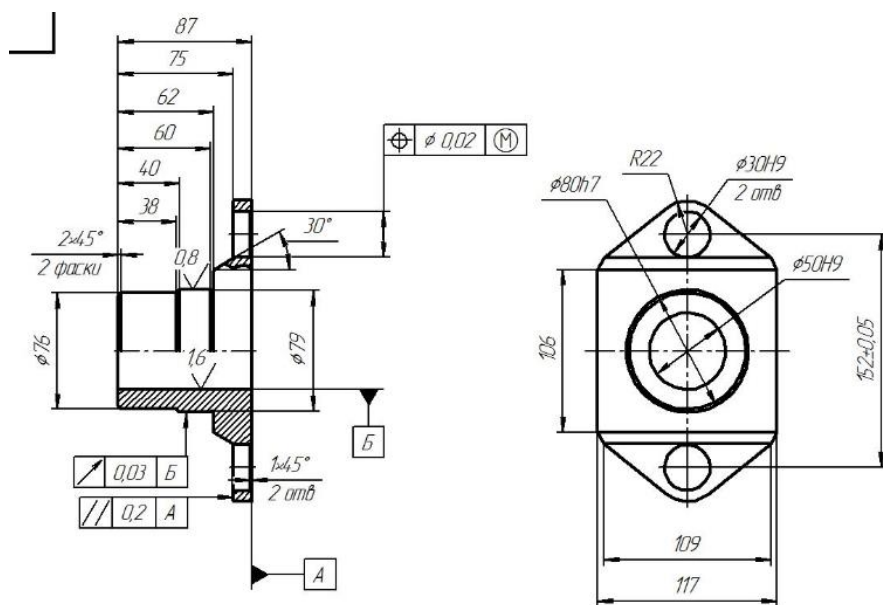
де:  $T_{п.з.}$  – підготовчо – завершальний час на партію деталей.  $T_{п.з.} = 10 + 10 + 4 = 24 \text{ хв}$   
– на налагоджування, одержання і здавання інструментів, на заміну кулачків.

$$T_k = 3,75 + \frac{24}{300} = 3,83 \text{ хв}$$

- Норма виробітку за 1 год  $N = \frac{60}{T_k} = \frac{60}{3,83} = 15,7 = 15 \text{ деталей}$ .



Токарна оиперація



63 ✓ (✓)

Фланець

### 7.Завдання на розробку системи автоматизації

Процес в апараті повинен бути повністю автоматизованим згідно з режимними параметрами. Це вимагає:

1. Запуск приводів реактора та управління насосами з окремого пульта.
2. Суворий контроль температури у реакторі та нагрівальної води. У разі відхилення температури від норми необхідно автоматично регулювати її.
3. Автоматичне вимкнення двигунів у разі перевищення потужності процесу.
4. Вимкнення всіх двигунів у разі розгерметизації реактора.
5. Встановлення датчиків рівня у реакторі для автоматичного регулювання наповнення.
6. Автоматичний контроль кислотності середовища.
7. Заборона роботи приводу при знятій КРишці реактора та кожуха приводу.

ВіКРовідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження Грінінк К.Р.	Вид документа <b>Пояснювальна записка</b>		Статус документа			
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа Чумак Д.О.	Назва, додаткова назва <b>Завдання на розробку системи автоматизації</b>	<b>220802.КР.40.000 ПЗ</b>				
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>UA</b>	Аркуш <b>1/1</b>	

## 8. Охорона праці

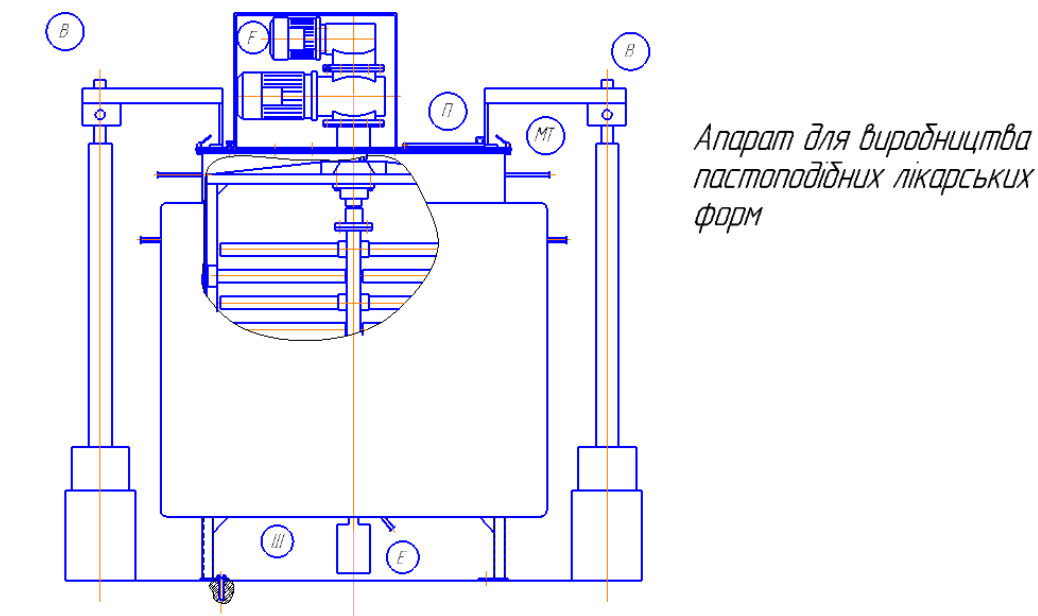
### Законодавство про охорону праці в Україні

Закон України "Про охорону праці" встановлює основні положення щодо забезпечення конституційного права працівників на захист їхнього життя і здоров'я під час праці, на створення безпечних та здорових умов трудової діяльності. Цей закон також регулює відносини між роботодавцем і працівником у сферах безпеки, гігієни праці та робочого середовища, встановлює єдиний порядок організації охорони праці на підприємстві. Організація заходів з охорони праці під час виробництва лікарських препаратів повинна вікривідати вимогам "Положення про єдину систему організації заходів з охорони праці в медичній та мікробіологічній промисловості". Керівництво та координація цих заходів покладаються на адміністративно-технічний персонал (на рівні всього підприємства - директор, заступник директора та головний інженер; в цехах, на дільницях та в лабораторіях - керівники цехів, дільниць та лабораторій). Наразі основними завданнями, над якими працюють, є поліпшення умов праці, зменшення обсягу ручної праці, зменшення монотонної, важкої фізичної та некваліфікованої праці, а також усунення виробничого травматизму.

Вікривідална організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження Грінінк К.Р.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа Чумак Д.О.	Назва, додаткова назва <b>Охорона праці</b>	220802.КР.40.000 ПЗ				
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/7	

## Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів при експлуатації змішувача для отримання пастоподібних форм

Для виявлення наявності шкідливих і небезпечних чинників виробництва проаналізуємо роботу обладнання у процесі проведення змішування пасти типу «Сульсена» з часточками сірки



*Апарат для виробництва пастоподібних лікарських форм*

Рис 9.1. Умовні позначення шкідливих та небезпечних чинників:

В – вібрація, П – пил, Ш – шум, Мт – механічні травми,

Е – електробезпека.

При експлуатації машини можливе виникнення наступних виробничих небезпек: травмування рук при потраплянні в зону обертання муфти, варіатора, ураження електричним струмом, шум.

Виробниче приміщення, де знаходиться змішувач для виробництва пастоподібних форм, забезпечує комфортні умови для працівників. Тут утримується оптимальна температура (20-23 °С), відносна вологість (50-75%) та повітряний потік (0,2-0,3 м/с).

220802.КР.40.000 ПЗ

Інд. змін.

Дата видання

Мова  
UA

Аркуш  
2

Змішувач не виділяє значної кількості тепла під час роботи через відсутність нагрівальних елементів. Прибирання виробничих приміщень проводиться вікрівідно до стандарту підприємства СТП 00481212-03-01-2001 "Санітарна підготовка виробничих приміщень".

Для підтримання цих параметрів встановлена система вентиляції та кондиціювання, яка подає повітря з центральної системи кондиціювання, де його підігрівають або охолоджують до необхідного рівня. З відділу повітря відводиться природною конвекцією.

### Шум

Одним з найбільш шкідливих виробничих факторів є шум. Його негативний вплив, передусім, відчувається органами слуху і має три форми прояву: втомлення слуху, шумові uszkodження та професійна глухота. Внаслідок втоми, спричиненої шумом, зростає кількість помилок на робочому місці, збільшується ризик uszkodжень та падає продуктивність праці. Усе це становить одну з причин економічних втрат.

Процес змішування компонентів суміші супроводжується виникненням шуму. Його походженням є тертя компонентів об лопаті мішалки та удари об стінки змішувальної камери. Також невеликий шум виникає від роботи електродвигуна та варіатора. Ефекту зниження шумових явищ можна досягти такими методами:

- зменшення шуму в джерелі утворення;
- ізоляція джерела шуму, застосування звукоізоляції;

### Вібрація

Вібрація буває локальна і загальна. Загальна вібрація з частотою близькою до власної частоти коливань тіла або його органів найбільш

небезпечна, так як може викликати механічний розлад або навіть розрив цих органів. Локальна вібрація викликає спазм судин, внаслідок чого йде порушення постачання КРові, діє на нервову систему, м'язові і кісткові тканини, викликає порушення чутливості шкіри.

### **Освітлення: природне та штучне**

В даному приміщенні використовується змішане освітлення, яке поєднує природне та штучне світло. Установлені газорозрядні люмінесцентні лампи типу ЛСП-18, що надають світло, близьке до природного. Ці лампи дозволяють контролювати вхідні компоненти та визначати якість змішування процесу. Щодо недоліків такого освітлення, вони полягають у складності схеми вмикання, обмеженій одиничній потужності та великих розмірах при заданій потужності, а також у залежності характеристик ламп від температури середовища та напруги мережі живлення. Також варто зазначити, що вони створюють шкідливу для зору пульсацію світлового потоку при живленні лампи змінним струмом, яку можна виправити за допомогою спеціальних схем вмикання. Однак у них є ряд істотних переваг, таких як висока світлова віддача (до 76 лм/Вт), великий термін служби, можливість мати різний спектральний склад світла та незначний нагрів поверхні трубки. Крім того, ділянка технологічної лінії обладнана аварійним освітленням для забезпечення безпечності робіт у разі відсутності основного джерела світла.

Ефективне освітлення промислових підприємств має вирішальне значення для здійснення різних видів робіт. Це стає важливим чинником загальної культури виробництва, оскільки неможливо забезпечити чистоту та порядок у приміщенні, де панує напівтемрява чи світильники забруднені й у поганому стані.

Стан освітлення виробничих приміщень також відіграє ключову роль у запобіганні можливих травм.

### Заходи з електробезпеки

Для забезпечення захисту працівників від дії електричного струму потрібно використовувати засоби та методи захисту, передбачені Правилами устрою електроустановок (ПУЕ) та Правилами безпеки електрообладнання споживачів. Згідно з ПУЕ всі виробничі приміщення поділяються на категорії залежно від рівня небезпеки ураження людини струмом: 1 — низький ризик; 2 — помірний ризик; 3 — високий ризик. Якщо розглядати приміщення дільниці бракеражу, можна визначити, що зона, де встановлено обладнання, віКРовідає класифікації ПУЕ як зона помірною ризику.

Засоби електробезпеки:

1. Заземлення всіх металевих не провідних конструкцій електричного обладнання.
2. Живлення електродвигунів низькою напругою та подвійна ізоляція кабелів для їх живлення. Також живлення систем автоматизації, світильників для підсвічування шкал приладів контролю та керування автоматикою.
3. Застосування системи захисного відключення електричного струму у разі замикання на корпус електродвигунів приводу або їх перевантаження.
4. Електричне освітлення здійснюється струмом напругою 220/380 В.
5. Обов'язкове встановлення світильників загального освітлення на висоті не менше 5 метрів.
6. Всі електричні щити живлення повинні бути заКРиті захисними

7. Ремонт та профілактика машин здійснюється тільки при відключенні електричного живлення.

### **Заходи з пожежної безпеки**

До переліку заходів, що забезпечують пожежну безпеку, входять:

1. визначення категорії приміщення за вибухопожежонебезпекою (А,Б,В,Г,Д) згідно з нормами технологічного проектування ОНТГО4-86;
2. визначення ступеня вогнестійкості будівельної конструкції (будівлі) згідно зі СНиП2.01.02-85 (1,2,3,3аД4а,5);
3. визначення класу приміщення та зони вибухопожежної небезпеки згідно з ПУЕ;
4. забезпечення приміщень автоматичним пожежогасінням та автоматичною сигналізацією;
5. забезпечення приміщення первинними засобами пожежогасіння згідно зі стандартом 180 №3941-77;
6. розрахунок запасу води на пожежогасіння будівлі, де розташоване приміщення виробництва;
7. шляхи евакуації людей у разі пожежі.

### **Висновок**

Для запобігання захворювань і травматизму потрібно:

Для попередження захворювань та травм, слід виконати наступні КРоки:

- Розмістити інструкції по експлуатації поруч з механізмами.
- Огородити всі рухомі частини.

220802.КР.40.000 ПЗ	Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 6
---------------------	------------	--------------	------------	------------

- У зв'язку з неможливістю істотного зменшення шуму, працівникам доцільно використовувати беруші, протишумні заглушки та навушники.

- Для зменшення шуму всередині будівлі рекомендується провести акустичну обробку приміщення, використовуючи звукопоглинаючі матеріали на внутрішніх поверхнях

## 9.Вимоги до монтажу, ремонту, експлуатації обладнання

### Монтаж, встановлення і вивірка реактора

Реактор має велику вагу, і вібує при роботі, тому його встановлюють на фундаменті на гумових амортизаторах 2 і 4 (рис. 9.1 ) і КРіплять до нього фундаментними болтами 1.

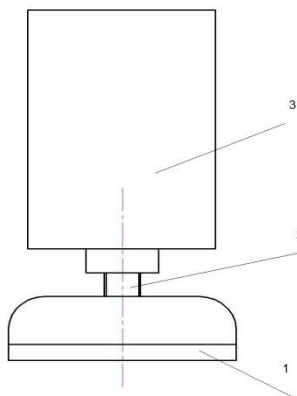


Рис. 9.1. КРіплення до фундаменту:

1 — гумові амортизатори, 2, — лапа станини сепаратора, 3 — станина.

Для нормальної та безпечної роботи реактора потрібно, щоб веретено було строго вертикальним, а верхня базова поверхня — горизонтальною. У разі невеликих відхилень від горизонтального положення проводиться перевірка та налаштування опорних лап, щоб забезпечити необхідну горизонтальність і забезпечити нормальну роботу реактора.

ВіКРовідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження Грінінк К.Р.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа Чумак Д.О.	Назва, додаткова назва Вимоги до монтажу, ремонту, експлуатації обладнання	220802.КР.40.000 ПЗ				
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/4	

## Експлуатація обладнання

Підготовка до роботи.

Будь ласка, відКРийте вентиль для подачі води в оболонковий теплообмінник, та контролюйте процес та температуру води. Задайте необхідну програму на пульті керування та запустіть реактор без тиску. Переконайтеся у надходженні продукту в реактор. Перемістіть рукоятку на електрошафі в положення "Включено" та увімкніть двигун. Перевірте напрям обертання валів – вони повинні обертатися проти годинникової стрілки. Потім, після підготовки реактора, натисніть кнопку "Пуск".

Наступно, обертаючи рукоятку нажимного гвинта II ступені, підвищте тиск до необхідного рівня та контролюйте коливання стрілки манометра.

Після регулювання коливань манометра переконайтеся, що доступ продукту до мембрани манометра не заблокований. Для цього трохи знижуйте тиск гомогенізації за допомогою нажимного гвинта II ступені, а потім піднімайте його до попередньо встановленого значення – показники манометра повинні змінитися.

Під час роботи реактора переконайтеся, що продукт не просочується через ущільнення, КРишку та прокладки у всіх з'єднувальних місцях.

Групу реакторів під час роботи може обслуговувати одна людина.

Для зупинки реактора:

- Дочекатися закінчення програми;
- Вимкнути електродвигун;
- заКРийте КРан подачі води, що надходить у рубашку;

Промивку проводьте в наступній послідовності:

220802.КР.40.000 ПЗ	Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 2
---------------------	------------	--------------	------------	------------

1. Промийте систему водопровідною водою протягом 10-15 хвилин для виведення залишків продукту циркуляційним методом.

2. За допомогою лужного розчину при температурі 75-80°C промийте протягом 30-40 хвилин.

3. Після цього обполосніть теплою водою (40-50°C) до повного видалення слідів лужного розчину (за допомогою лакмусового паперу).

Перед припиненням роботи реактора на тривалий період, ретельно промийте його, пропускаючи гарячу воду через нього до повної чистоти води, яка виходить з реактора.

Технічне обслуговування. Для нормальної безвідмовної роботи реактора систематично виконуйте наступні роботи.

Щоденно контролюйте температуру води в корпусі оболонкового теплообмінника. Температура не повинна перевищувати 60°C.

Періодично відкривайте кришки для огляду деталей, що мають контакт з продуктом, і при необхідності видаляйте залишки продукту.

Раз на 6 місяців проводьте перевірку ущільнень у колодязях, перевірку герметичності клапанів і сідел, а також стану робочої поверхні змішувальних пристроїв. У разі несправності деталей замінійте їх та докладно підтягуйте.

Для очищення або заміни фільтру на двигунах періодично оглядайте його та перевіряйте на цілісність; у разі будь-яких пошкоджень замінійте його.

## Ремонт

Під час проведення ремонту реактора зазвичай необхідно знімати його для розбирання. Для уникнення пошкоджень вала рекомендується використовувати спеціалізований з'єднувач, який встановлений у корпусі, обладнаний пневмоприводом. Під час проведення ремонтних робіт застосовуються різноманітні спеціалізовані пристрої, такі як універсальний гідравлічний інструмент, спеціальний ключ для закручування шпилек та спеціальний ексцентриковий ключ для встановлення та зняття шпилек. Використання таких спеціальних пристроїв дозволяє уникнути пошкоджень деталей під час їх зняття. Для виявлення та вчасного усунення несправностей реактор щодня проходить огляд. Оператор обладнання повинен звертати увагу на ознаки несправностей, такі як стук у підшипникових вузлах, перегрів підшипникових вузлів, стук або биття мішалок по стінках реактора, а також протікання патрубків подачі гарячої води та початкових продуктів, і патрубків відведення води та кінцевого продукту.

У випадку виявлення несправностей оператор повідомляє службу чергового інженера та робить відривні записи в журналі несправностей. При капітальному ремонті необхідно розібрати та замінити систему привідних валів з мішалками, а також замінити підшипник між валами та болти, які з'єднують фланцеве з'єднання.

Крім того, перевіряється цілісність зварних з'єднань лопатей мішалок, замінюється мастило в редукторах приводу, замінюються прокладки трубопроводів та фланців патрубків, а також перевіряються торцеві ущільнювачі і, за необхідності, замінюються.

### Структура ремонтного циклу

**К-О-О-О-О-П-О-О-О-О-О-С-О-О-О-О-П-О-О-О-О-О-К**

**К** – 1 – капітальний ремонт; **О** – 16 – огляд;

**П** – 2 – поточний ремонт; **С** – 1 – середній ремонт.

Категорія ремонтної складності – 3,5.

220802.КР.40.000 ПЗ	Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 4
---------------------	------------	--------------	------------	------------

## Висновки

Апарат для виробництва пастоподібних лікарських засобів було модернізовано за наступними напрямками:

1. Встановлено систему з двох змішувальних лопатевих робочих органів, що рухаються в протилежних напрямках, і підібрано віКРовідну конструкцію приводу.

2. Запроваджено систему циркуляції продукту в апараті під час перемішування. Для цього безперервно перекачується компоненти продукту відцентровим насосом. Турбінка відцентрового насосу додатково подрібнює і перемішує компоненти мазі або пасти.

3. В зовнішньому циркуляційному контурі встановлено дисковий млин для надтонкого подрібнення твердих компонентів паст. Це дозволяє здійснювати подрібнення разом із перемішуванням.

Внаслідок проведених модернізацій було досягнуто наступне:

1. Інтенсифіковано процес гомогенізації та скорочено час від 3-5 годин до 1-2, що призвело до збільшення продуктивності.

2. Забезпечено одночасне надтонке подрібнення компонентів паст та уникнуто контамінації, яка може виникати під час оКРемого подрібнення.

ВіКРовідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження Грінік К.Р.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа		
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа Чумак Д.О.	Назва, додаткова назва <b>Висновки</b>	220802.КР.40.000 ПЗ			
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/1

## Список 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. Малєжика. Підручник. – К.: НУХТ, 2003. – 400с.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. Процеси і апарати харчових виробництв [Текст] : приклади і задачі : навч. посіб. / І. Ф. Малєжик, П. М. Немирович, В. Л. Зав'ялов та ін. ; за ред. І. Ф. Малєжика ; Нац. ун-т харч. технол. — К. : НУХТ, 2015. — 386 с.
8. Процеси і апарати харчових виробництв [Текст] : Підруч. / І. Ф. Малєжик, П. С. Циганков, П. М. Немирович, О. С. Марценюк ; Ред. І.Ф. Малєжик. — К. : НУХТ, 2003. — 400 с.
9. 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.
10. Mujtaba G., Ahmad W., Shekhar S. Drying of pharmaceutical products: A review. - Drying Technology, 2016, Vol. 34, No. 10, pp. 1227-1242
11. Ситник І.О., Климнюк С.І., Творко М.С. Мікробіологія, вірусологія, імунологія. - Тернопіль: УКРмедкнига, 2009. - 295 с.
12. Naumenko N. History of Food Science / N. Naumenko N. – Kyiv, NUFT. – 2014. – 199 с.

ВіКРовідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження Грінінік К.Р.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа Чумак Д.О.	Назва, додаткова назва <b>Розрахункова частина</b>	<b>220802.KP.40.000 ПЗ</b>				
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>UA</b>	Аркуш <b>1/2</b>	

13. Гончаренко Б.М. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій: підручник / Б.М. Гончаренко, А.П. Ладанюк. – Київ: НУХТ, 2014. – 530 с.
14. Домарецький В.А. Технологія солода та пива: Підруч. / В.А. Домарецький. – Київ: Інкос, 2004. – 426 с.
- 15., С. Д. Коваленко, О. В. Євтушенко та ін. – К. : НУХТ, 2016. – 97 с.
- Мостенська Т. Збалансування продовольчого ринку в контексті забезпечення продовольчої безпеки: монографія / Т. Мостенська. – Київ: Кондор-Видавництво, 2015. – 283 с.
16. Авраменко О. М., Авраменко Н. О., Авраменко О. О. Сушарки для фармацевтичних продуктів: конструкція, розрахунок, проектування. - К.: НТУ "КПІ", 2018. - 224 с.
17. Василенко В. М., Петренко В. І., Федоренко В. П. Обладнання для фармацевтичного виробництва. - Х.: "Основа", 2005. - 480 с.
18. Gani R., Ait Kadi M., Ait Kaci M. *Drying of pharmaceutical products: Principles and applications.* - Elsevier, 2017. - 544 p.