



# 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»

Напрямок підготовки (спеціальність) 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри МАХФВ**

**Гавва О.М.**

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

## З А В Д А Н Н Я

### НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Ковальова Костянтина Дмитровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Розробка апарату для кип'ятіння пивного сусла із конічною формою нижнього днища і робочим об'ємом 35м<sup>3</sup>

керівник проекту (роботи) Удодов С.О., к.т.н., доц.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від “16” березня 2020 року №230-кв

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 11.06.2020 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Навчальна, методична, нормативно-патентна, спеціальна, науково-технічна література, довідники, ДСТУ, ГОСТ, технічні умови, паспорта

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Зміст. Анотація. Вступ. 1. Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі. 2. Техніко-соціальне обґрунтування. 3. Характеристика вхідного матеріалу і готової продукції. 4. Опис запропонованого технічного рішення, будова та принцип роботи обладнання, вибір конструкційних матеріалів. 5. Розрахункова частина. 6. Вимоги до монтажу, експлуатації та ремонту. 7. Технологія виготовлення окремих деталей. 8. Система управління. 9. Охорона праці. 10. Охорона довкілля. Висновки. Список використаної літератури.

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

1. Загальний вигляд - 1 аркуш (ф. А1); 2. Складальне креслення – 1 аркуш (ф. А1); 2. Узли – 2 аркуші (ф. А1); 3. Креслення валу – 1 аркуш (ф. А1); 6. Загальний вигляд апарату у 3D (ф. А1).

6. Консультанти з проекту (роботи) із зазначенням розділів проекту(роботи), що їх стосуються:

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

Дата видачі завдання " 17 " березня 2020 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Анотація, зміст	25.04.2020	Виконано
2.	Вступ	27.04.2020	Виконано
3.	Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі	03.05.2020	Виконано
4.	Техніко-соціальне обґрунтування	05.05.2020	Виконано
5.	Характеристика вхідного матеріалу і готової продукції. Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи обладнання	07.05.2020	Виконано
6.	Вибір конструкційних матеріалів	09.05.2020	Виконано
7.	Розрахункова частина	16.05.2020	Виконано
8.	Вимоги до монтажу, експлуатації та ремонту	19.05.2020	Виконано
9.	Технологія виготовлення валу	26.05.2020	Виконано
10.	Система управління	28.05.2020	Виконано
11.	Охорона праці	30.05.2020	Виконано
12.	Охорона довкілля	31.05.2020	Виконано
13.	Висновки	01.06.2020	Виконано
14.	Графічна частина: 5 аркушів формату А1	05.06.2020	Виконано
15.	Подача ДП на кафедру	11.06.2020	Виконано

Студент

Ковальов К.Д.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) Удодов С.О.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Дипломний проект на тему: «Розробка апарату для кип'ятіння пивного сусла із конічною формою нижнього днища і робочим об'ємом 35м<sup>3</sup>» виконана згідно виданому завданню.

Під час виконання роботи був проаналізований сучасний стан пивоварної галузі промисловості, здійснений аналіз існуючого технологічного обладнання та технології пивоваріння. Визначено доцільність розробки принципово нового технічного рішення по кип'ятінню пивного сусла. Проведені основні розрахунки технологічного та технічного характеру обладнання - технологічний, тепловий і матеріальний баланс сушварильного апарату, визначення конструктивних параметрів обладнання, кінематичний, теплотехнічний, енергетичний розрахунок сушварильного апарату, висвітлені основні вимоги щодо монтажу, експлуатації та ремонту обладнання. Викладені питання автоматизації, техніки безпеки та охорони праці, довкілля.

Робота складається з пояснювальної записки на 91 сторінок, доповіді-презентації та шести креслень формату А4, на яких зображено загальний вигляд обладнання, вузли, технологія виготовлення деталі та загальний вигляд обладнання в 3D.

**Ключові слова:** солод, пивне сусло, пиво, апарат сушварильний, кип'ятіння, коагуляція білків, змішувик, мішалка, пара.

## ANNOTATION

Thesis project on the topic: "Development of a device for boiling beer wort with a conical shape of the lower bottom and a working volume of 35 m<sup>3</sup>" was performed according to the issued task.

During the work the current state of the brewing industry was analyzed, the analysis of the existing technological equipment and brewing technology was carried out. The expediency of developing a fundamentally new technical solution for boiling beer wort has been determined. The main calculations of technological and technical nature of the equipment - technological, thermal and material balance of the drying apparatus, determination of structural parameters of the equipment, kinematic, thermotechnical, energy calculation of the drying apparatus, the basic requirements for installation, operation and repair of equipment. The issues of automation, safety and labor protection, environment are stated.

The work consists of an explanatory note on the 91 pages, a report-presentation and drawings in A4 format, which show the general view of the equipment, components and manufacturing technology of the part.

**Key words:** malt, beer wort, beer, wort brewing machine, boiling, protein coagulation, coil, stirrer, steam.

## ЗМІСТ

Зміст.....	5
Вступ.....	7
1. Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі.....	11
2. Техніко-соціальне обґрунтування... ..	21
3. Характеристика вхідного матеріалу і готової продукції. Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи обладнання. ....	23
Характеристика вхідного матеріалу і готової продукції.....	23
Опис запропонованого технічного рішення. ....	24
Будова та принцип роботи обладнання.....	24
4. Вибір конструкційних матеріалів.....	26
5. Розрахункова частина. ....	29
Розрахунок кількості води, що випаровується при варінні сусла ...	29
Розрахунок матеріального балансу. ....	29
Розрахунок теплового балансу. ....	30
Розрахувати повні витрати пари на приготування пивного сусла на варочному агрегаті.....	31
Розрахувати площу поверхні теплопередачі сусловарильного апарату для варіння пивного сусла .....	32
Розрахунок кількості води, що випаровується з сусловарильного апарату при варінні пивного сусла, річну економію теплоти і умовного палива при використанні вторинної пари .....	37
Конструктивний розрахунок .....	38
6. Вимоги до монтажу, експлуатації та ремонту .....	46

					<i>180237.ДП.45.000.ПЗ</i>				
Змн.	Док.	№ док.им.	Підпис	Дата	<i>Зміст</i>				
<i>Розробив</i>	<i>Ковальов</i>								
<i>Керівник</i>	<i>Чудов</i>								
<i>Зав.каф</i>	<i>Гавва</i>								
					Літ.	Док.	Архів		
						1	2		
					<i>НУХТ</i> <i>ОХ-4-10ск</i>				

Монтаж апарату.....	46
Ремонт. ....	48
Експлуатація. ....	50
7. Технологія виготовлення валу .....	53
8. Система управління... ..	73
9. Охорона праці.....	76
10. Охорона довкілля .....	80
Висновки.....	84
Список використаної літератури... ..	85
Специфікації	

					<i>Зміст</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

### ВСТУП

Важливим завданням для харчової галузі і машинобудування є створення високотехнологічного і ефективного устаткування. Воно повинне підвищувати ефективність і продуктивність праці, знижувати негативний вплив на довкілля, збільшувати економію початкової сировини, енергетичних, паливних і матеріальних ресурсів.

Аналіз стану харчових газузей на сьогоднішній день показує не задовільний рівень технічних показників відносно світового рівня. Задовільний рівень мають лише 19% фондів і підприємств. Приблизно 25% мають бути модернізовані, а 42% повинні підлягати заміні.

Впродовж деякого часу (особливо останні роки) наша промисловість мала закуповувати обладнання за кордоном. Результатом став той факт, що більшість устаткування складає імпортні зразки.

У розвинених країнах продуктивність праці на підприємствах розглядаємої голузі інколи може перевищувати вітчизняну у 2-3 рази. Це зумовлено відсотково більшим використанням ручної праці, замість автоматизованих процесів на наших підприємствах. Отже еобхідна більша автоматизація ліній.

Обладнання, що знаходиться в експлуатації понад 10 років нині складає 30-35%. Недостатні темпи оновлення виробничих фондів сприяють цьому. Потрібно оновляти парк устаткування приблизно 8-10%, від загального його обсягу, на рік. Натомість нині ми маємо 3-4%.

Усе це показує яку велику роль грає плідна робота вітчизняних інженерів та розробників. При чому необхідно не копіювати існуюче обладнання, а й розробляти свої власні аналоги. Це може як підвищити продуктивність підприємств, так і відкрити шляхи для продажу власного, унікального обладнання за кордон.

					<i>180237.ДП.45.000.ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Дрк.</i>	<i>№ док-м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Вступ</i>		
<i>Розробив</i>		<i>Ковальов</i>					
<i>Керівник</i>		<i>Чудов</i>					
<i>Зав.каф</i>		<i>Гавва</i>			<i>Літ.</i>	<i>Дрк.</i>	<i>Дркушів</i>
						1	4
					<i>НУХТ</i> <i>ОХ-4-10ск</i>		

Саме тому перспективні рішення при створенні нового обладнання мають базуватись на неординарних технічних завданнях, які виконують інженери-механіки.

За обсягами експорту та споживання готової продукції харчова промисловість являє собою одну з провідних галузей промисловості України. Держава зі стабільністю показує позитивний приріст виробництва продуктів харчування, особливо порівнюючи з сусідніми країнами.

Пиво – отриманий шляхом бродіння слабоалкогольний напій. Воно являється третім по популярності напоєм у світі після чаю і води. Пиво має специфічний гіркий смак та аромат, що надає йому хміль, а також на його поверхні може утворюватися піна. Процес, під час якого виготовляється пиво називається пивоварінням або броварством.

Ринок пива в Україні є одним з найбільш перспективних у всій східній Європі. У середньому в 2019 році на одного українця випито 50-55 літрів пива, в той час, коли оцінка експертів показує, що цього все ще не достатньо для задоволення усіх потреб у продукті. Так, у середньому росіянин споживає 60 літрів, а у країні ЄС на одну людину приходиться понад 70 літрів на рік і більше.

Пивоварна галузь нашої країни стимулює економічний розвиток, займає велику частину ВВП та активно розвивається.

З кожним днем виробники українського ринку стикаються із зростаючими труднощами конкуренції.

Зростаюча популярність пива серед жителів України позитивно впливає на розвиток галузі пивоваріння. За останні роки виробництво збільшилося на 10-12,5%. Але ці темпи зростання виявилися нижче запланованих, адже у тому ж 2013 році обсяг збільшення виробництва склав чверть. Натомість це все ж кращі показники, ніж у більшості країн СНД та Європи.

Станом на 2017-2018рр. провідними виробниками пива в Україні є:

1.«САН ІнБев Україна» (торгова марка «Чернігівське», «Рогань»,

					<i>Вступ</i>	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

«Янтар», «Staropramen», «Bud»)

2.«Carlsberg Ukraine» (торгова марка «Львівське», «Балтика»)

3.«Оболонь» (торгова марка «Оболонь», «Ніке», «BeerMix»)

4.«Anadolu Efes Ukraine» (торгова марка «Сармат», «Жигулівське», «Добрий Шубін»)

5.«Перша приватна броварня» (торгова марка «Stare Misto», «Національне»)

Доля кожної марки на ринку представлена у табл.1.

Таблиця 1

Україна за 2019 рік поставила на зовнішні ринки 10 млн дал пива, що на 14% менше, ніж у 2018 році.

Згідно даних митної статистики, що була оприлюднена Державною фіскальною службою, у грошовому вираженні скорочення експорту пива за рік становить 13,83%.

Але, як повідомлялося за оцінками ПАТ "Укрпиво", Україна в 2019 році зменшила пивне виробництво на 8-10 % – до 260 млн декалітрів. Данський пивоварний концерн Carlsberg Group, що є одним з найбільших виробників на українському ринку пива, за підсумками 2018-2019рр. зберіг свої позиції на ринку України на попередніх рівнях, а саме -27,9%. При

					<i>Вступ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

цьому його головні конкуренти Carlsberg – AB Inbev і "Оболонь" – скоротили свою частку на 2,1% і 1,0 % відповідно (дані дослідницької компанії Nielsen). На фоні цього зросли частки Efes (на 1,2%) та Першої приватної броварні (на 1,9 %.), у порівнянні з минулими роками.

Пивний ринок за основними товарними якістьми пива може бути розподілений на 5 основних сегментів за показником спиртової міцності пива:

1. Сегмент безалкогольного пива:

Міцність до 0,5%;

2. Сегмент «легкого» пива:

Міцність від 0,5% до 4,0%;

3. Сегмент пива «середньої» міцності:

Міцність від 4,0% до 5,5%;

4. Сегмент «міцного» пива:

Міцність від 5,5% до 7,0%;

5. Сегмент пива «максимальної міцності» без додавання спирту:

Міцність від 7,0% до 10%.

					<i>Вступ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

# 1. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПОСТАВЛЕНОЇ ЗАДАЧІ

## 1.1 Опис процесу приготування пивного сусла.

Приготування пивного сусла являє собою багатоступінчатий процес, що проходить у різних апаратах. Слід розглянути стадії, що йдуть перед самим процесом кип'ятіння для більшого розуміння процесу в цілому.

Огляд процесу приготування сусла почнемо із опису затирання.

Затирання проходить у апараті, що змішує подрібнений ячмінь та солод з подальшим нагрівом і утворенням заторної маси.

Метою затирання подрібненого солоду є перехід його в розчинний стан за допомогою ферментів. При змішуванні подрібненого солоду і несолодових матеріалів розчиняються частинки речовин, які здатні переходити в розчин без участі ферментів, і набрякають речовини, які знаходяться в колоїдному стані. В процесі затирання необхідно створити оптимальні температурні умови для дії ферментів. Тому передбачають витримку затору при температурі найбільш сприятливої для дії пептидази і цитолітичних ферментів, накопичення мальтози або декстрину до повного зцукрення крохмалю.

В процесі затирання крохмаль піддається змінам, які відбуваються в три стадії: клейстеризація, розрідження і зцукрення. Розрідження крохмалю, супроводжується розпадом крохмальних зерен до розмірів однієї молекули і зниженням в'язкості. Останнього досягають енергійним розмішуванням клейстеру, тобто механічним розчавлюванням набряклих крохмальних зерен. Надалі дія ферментів призводить до різкого зниження в'язкості і накопичення декстрину і мальтози.

Під технічним терміном "зцукрення" в пивоварінні розуміють не лише процес перетворення крохмалю в цукор, але і визначення змін природного

					<i>180237.ДП.45.001.ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док-м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі</i>		
<i>Розробив</i>	<i>Ковальов</i>						
<i>Керівник</i>	<i>Чудов</i>						
<i>Зав.каф</i>	<i>Гавва</i>				<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Архивів</i>
						1	10
					<i>НУХТ ОХ-4-10ск</i>		

забарвлення йодного розчину. При зцукренні утворюються як цукри, так і декстрин. Оброблений розчином йоду крохмаль дає характерне синє забарвлення йоду. Процес ферментативного гідролізу крохмалю супроводжується утворенням менш складних молекул вуглеводів, що по-різному змінює забарвлення йодного розчину. Останній від синього, фіолетового і коричневого переходить у відповідне забарвлення чистого розчину йоду. Отриманий в результаті гідролізу крохмалю декстрини є вуглеводами менш складними, ніж крохмаль, але мають нижчу редукуючу здатність, ніж мальтоза.

Оцукрений затор температурою 75-78 °С передається на фільтрування. Фільтрування проводять у апаратах фільтрації. Слід визначити що ж таке фільтрування та з чого воно складається у пивоварній промисловості для більшого розуміння процесів, що розглядаються.

Фільтруванням називають процес розділення неоднорідних систем з твердою дисперсною фазою, яка ґрунтується на затриманні твердих часток і пропуску рідини пористими перегородками. Грубі частинки відокремлюваної твердої фази можуть бути фільтруючим шаром.

Розрізняють дві стадії процесу фільтрування : перша, при якій відбувається фільтрування першого (основного) сусла, і друга, коли витягається вимивний екстракт, що утримується дробиною.

В процесі промивання дробини водою утримуваний нею екстракт першого сусла завдяки процесам дифузії переходить в розчин. З метою прискорення дифузії дробину перемішують розпушувачем і безперервно зрошують гарячою водою температурою 75-78 °С.

Використання води більш високої температури приведе до інактивації амілази, а також є причиною клейстеризації крохмалю, який залишився в кінчиках солодових зерен, і як наслідок - до отримання каламутного сусла, пиво з якого може мати клейстерне помутніння.

					<i>Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі</i>	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перше сусло і промивна вода мають бути прозорими, оскільки наявність в них дрібних нерозчинних часток заторної маси надає пиву грубого смаку і може бути причиною його поганого освітлення.

Перше сусло і промивну воду збирають у ємності для фільтрованого сусла до певної масової долі сухих речовин що відповідає сорту пива.

Наступним після фільтрації пивного затору є процес кип'ятіння пивного сусла з хмелем. Метою кип'ятіння сусла з хмелем є стабілізація його складу і ароматизація. Кип'ятінням досягають упарювання сусла до встановленої концентрації, екстрагування з хмелю ароматичних і гірких речовин, інактивація ферментів, коагуляція білків і стерилізація сусла.

Стерилізація сусла потрібна для забезпечення чистоти бродіння і отримання стійкого продукту, адже подрібнений солод завжди містить значну кількість мікроорганізмів. Стерилізацію досягають після 15-хвилинного кип'ятіння, чому значною мірою сприяє кисла реакція сусла. Стерилізацією сусла і розпадом ферментів забезпечуються стабільність його хімічного складу до бродіння і отримання стійкого продукту. Процес ароматизації при кип'ятінні сусла з хмелем відбувається завдяки хімічній взаємодії між цукрами і продуктами розпаду білків. Процес коагуляції білків і освітлення сусла має важливе значення для складу, повноти смаку, кольору і прозорості пива.

Далі необхідно провести освітлення та охолодження пива. Ці процеси проводять в циліндро-конічних танках (ЦКТ). У ЦКТ регулювання температури здійснюється за допомогою зовнішніх охолоджувальних сорочок. В процесі заповнення ЦКТ освітленим аерованим суслем в перше варіння вносять дріжджі. Заповнюють ЦКТ лише на 80-85% загального об'єму, що дозволяє передбачити достатній вільний простір для об'єму піни, що утворюється в ході активного головного бродіння.

ЦКТ оснащений трубопроводом, який забезпечує в ньому постійний тиск і рівномірний карбонізуючий відвід надмірного тиску без його втрат в приміщення. Бродіння проводять при температурі 9-14 °С до досягнення

					<i>Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі</i>	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

необхідної кінцевої міри зброджування сусла. Потім в сорочку конуса подають холодогент для охолодження і утворення щільного осаду дріжджів при температурі 0,5-1,5 °С.

У циліндричній частині витримується температура 3-4 °С упродовж п'яти діб, після чого температура пива вирівнюється сорочками по усій циліндричній частині ЦКТ. Через десять діб від початку бродіння проводять перше зняття дріжджів. Процес бродіння і доброджування пива в ЦКТ складає від 14 до 28 діб. Перед освітленням пива здійснюють друге зняття дріжджів, потім пиво подають на сепарацію і фільтрування.

Слід зазначити, що використання апарату запропонованої у дипломному проекті конструкції ніяк не змінює порядок дій у процедурі приготування сусла. Отже його можна встановлювати замість старих одиниць обладнання без корінної зміни усієї системи.

## **1.2 Порівняльний аналіз конструктивних рішень обладнання для кип'ятіння пивного сусла**

Апарати для приготування сусла використовуються для термічної обробки сусла з хмелем, а також під час цього процесу випарюється частина води і сусло отримує певну щільність, яка необхідна для кінцевого продукту. Зазвичай ці апарати мають конструкцію аналогічну заторним – циліндричний резервуар з паровою сорочкою, сферичним нижнім і верхнім слабokonічним або еліптичним верхнім днищем. Це забезпечує кругову циркуляцію киплячого сусла.

Найстаршим способом обігріву апаратів є прямий. Цей спосіб обігріву, що являє собою спалювання палива під днищем апарату (рис. 1.1), наразі не використовується. Лише в архаїчних виробництвах можна зустріти таке обладнання [3].

					<i>Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі</i>	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

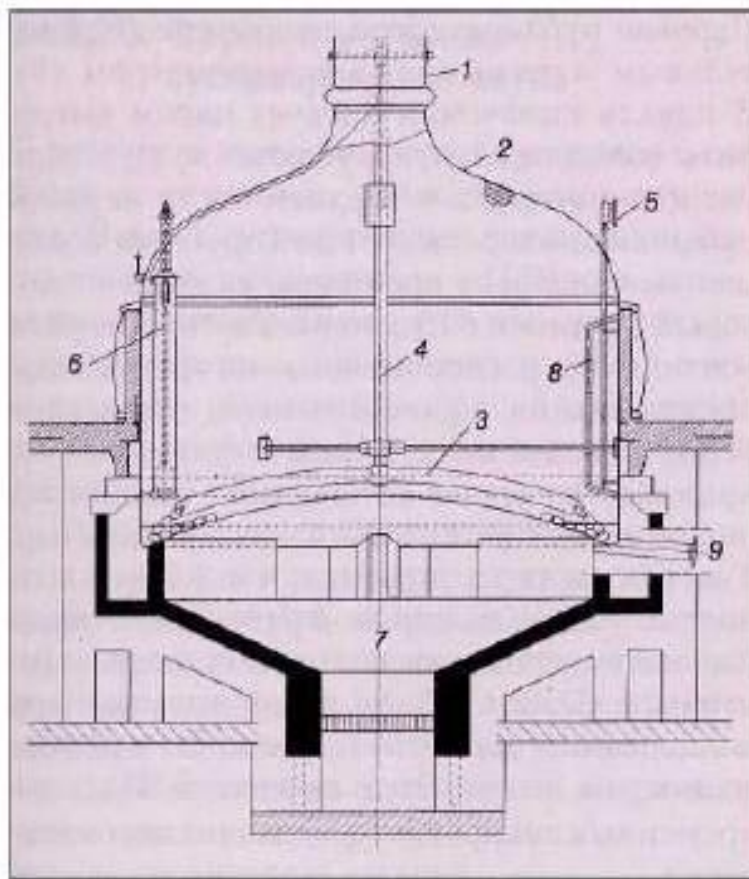


Рис. 1.1 Апарат із прямим обігрівом:

1 – витяжна труба; 2 – кришка; 3 – мішалка із ланцюгом; 4 – привід мішалки; 5 – термометр; 6 – поплавкова мірна рейка; 7 – камера топки; 8 – драбина; 9 – випускний трубопровід.

Завдяки сферичному днищу кипляче сушло циркулює всередині котла від центра до бокових стінок. В подальшому такі апарати були переобладнані на нові види палива через те, що було знайдено більш дешеве та енергоефективне паливо. Але також такі одиниці обладнання негативно впливають на якість сушла, а саме на смак та запах, так як продукт насичується продуктами горіння. Ще слід зазначити, що така конструкція викликає великі втрати тепла, що негативно відображається на економічній складовій.

Внаслідок подальшого розвитку на заміну прийшли більш сучасні апарати аналогічної конструкції, але іншими (закритими) способами нагріву.

					<i>Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

Саме тому розглянемо апарати аналогічної, відносно один одного, конструкції – ВЦС-1.5 та ВКС-5 (відповідно 1.5 та 5 т. засипу сировини). Вони мають ідентичну конструкцію і розрізняються лиш корисним об'ємом. Випаровування складає 5-6% на год. та триває 1.5-2 години. Кип'ятіння проходить під тиском 0.03-0.05 МПа. Це дозволяє отримати ліпшу коагуляцію білків, збільшує біологічну стійкість і тепловіддачу [24, 25].

Більш детальному огляду підлягає ВЦС-1.5 (рис.1.2), так як він набув найбільшого розповсюдження. Він має сталеве подвійне днище 7, резервуар циліндричної форми 4 та сферичне верхнє днище 1. Також обладнаний паровою сорочкою, в яку під час роботи подається пара. Сорочка обладнана фланцями для підводу та відводу пари з конденсатом.

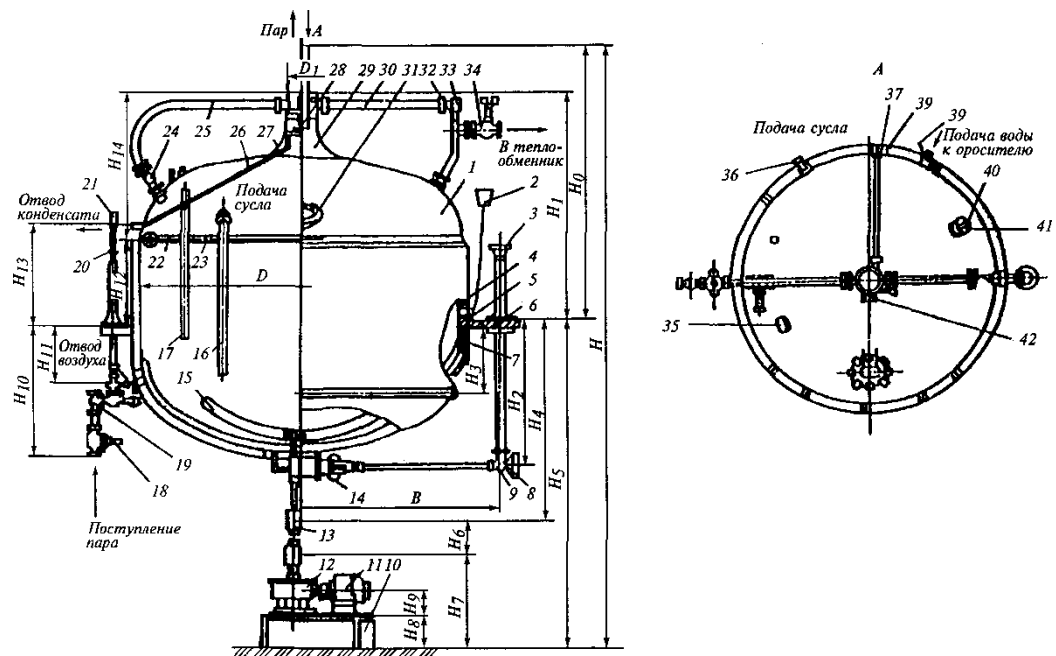


Рис. 1.2 Сусловарильний апарат ВЦС-1,5 (ВКС-5).

Нижня частина обладнана пристроєм розвантажування 14, для виведення сусла. Зубчата конічна передача 9 забезпечує управління цього пристрою. На поворотній осі знаходиться маховик 8, а на майданчику обслуговування 6 – маховик 3. Над днищем апарата становлюється мішалка пропелерного типу 15, яка під час роботи переміщує сусло, що у свою чергу допомагає процесу теплообміну.

					Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Також усередині встановлений зрошувач 22, який гасить хвилеутворення, виникаюче на поверхні сусли, водою. Поруч розміщено трап для персоналу, який буде обслуговувати апарат. Труба 23, що встановлена через кришку призначена для мірної лінійки 17, яка, у свою чергу міряє рівень сусли. Також труба опущена нижче рівня сусли, що допомагає підтримувати рівний рівень вимірюваної рідини для точного вимірювання.

В апараті використовується термометр опору 2, який закріплюють разом з термопарою і укріплюють у корпусі.

Кришка обладнана витяжним штуцером 29, який, в свою чергу, має конічний клапан 28, який закриває апарат герметично в процесі роботи. Клапан може бути використаний для регулювання тяги, у разі випарювання без надлишкового тиску. Клапан керується за допомогою маховичка 37, що знаходиться на краю кришки. Фіксування клапана у довільному положенні здійснюється храповим пристроєм 38.

Конденсатозбірник 27, що знаходиться у витяжному штуцері, збирає конденсат, який відходить по трубі 26. Ця труба виводиться назовні при монтажу та іде у каналізацію.

На верхній частині встановлюються системи трубопроводів. Вторинна пара іде по трубі 30, на якій встановлено запобіжний клапан 33 для перепуску пари в трубу 32, а також вентиль 34. Натомість вентиль 24 і труба 25 використовуються для зняття тиску всередині апарату, якщо буде така необхідність. Люк 31, на якому є противага 42 використовують для обслуговування. Освітлення всередині апарату забезпечують оглядові вікна 35, на одному з котрих є рефлектор 41 і лампочка 40.

Патрубок 36 призначений для подачі сусли, що іде по трубі 16, яка, у свою чергу, опущена вниз, для правильної циркуляції сусли. До зрошувача вода іде по патрубку 39.

Маховик 20 керує вентилями подання пари. Манометр 21 знаходиться на стійці та контролює тиск пари.

					<i>Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі</i>	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Запобіжний 18 та редукційний 19 клапани розташовані на паропроводі. Апарат має опорне кільце 5, яке можна встановити на майданчик за допомогою опор. Електродвигун 11 через черв'ячний редуктор 12 приводить в дію мішалку. Вони встановлені на фундаменті 10. Привідний вал з'єднується муфтами 13.

Після того, як в апарат наберуть сусло та помістять хміль його герметизують та підводять пару у сорочку. Після закипання сусла тиск підвищують до 0.03 МПа, залишають невеликий отвір у паровому вентилі для підтримання температури рівної 105 °С. Сусло кип'ятять приблизно годину, опісля чого пару перестають подавати і повільно відкривають клапан витяжного штуцера. По причині падіння тиску сусло починає кипіти інтенсивніше.

Зменшення тривалості кипіння досягається кип'ятінням під тиском. Також більш активно випадають білки, що поліпшує освітлення сусла і робить процес його фільтрації швидше. Під час цього процесу поліпшується використання екстрактних і ароматичних речовин, що знаходяться у хмелі.

Парк технологічного обладнання постійно удосконалюється та модернізується. Так, наприклад, заявлена велика кількість патентів на принципово нові конструкції апаратів [26, 28]. Так, наприклад, у конструкції заторно сусловарильного апарату [26], з метою забезпечення рівномірного перемішування затору, виключення застійних зон, пригорання і піноутворення циліндрична ємність забезпечена паровою сорочкою, а перколятор виконаний у вигляді циліндра з вхідним і вихідним патрубками, пропелерна мішалка розташована усередині перколятора(рис. 1.3).

					<i>Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі</i>	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

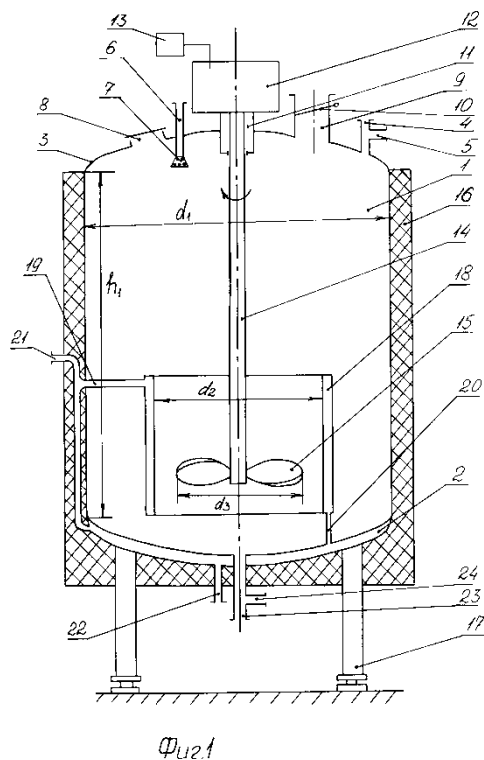


Рис. 1.3 Заторно-сусловарильний апарат

Також представляє інтерес розробка апарату для приготування пивного сусла при низьких температурах [28].

Низькотемпературний сусловарильний (рис. 1.4) апарат оснащений паронагрівальною термостатуючою рубашкою і випарний апарат винесений за межі корпуса, відрізняється тим, що котел оснащений виносними СВЧ-пастеризатором і теплообмінним холодильним агрегатом, при цьому котел оснащений плаваючим верхнім днищем, на якому розміщені рівнеміри, датчики контролю якості сусла і дозатори технологічних добавок, що функціонально взаємозв'язані з управляючим мікропроцесором.

					<i>Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

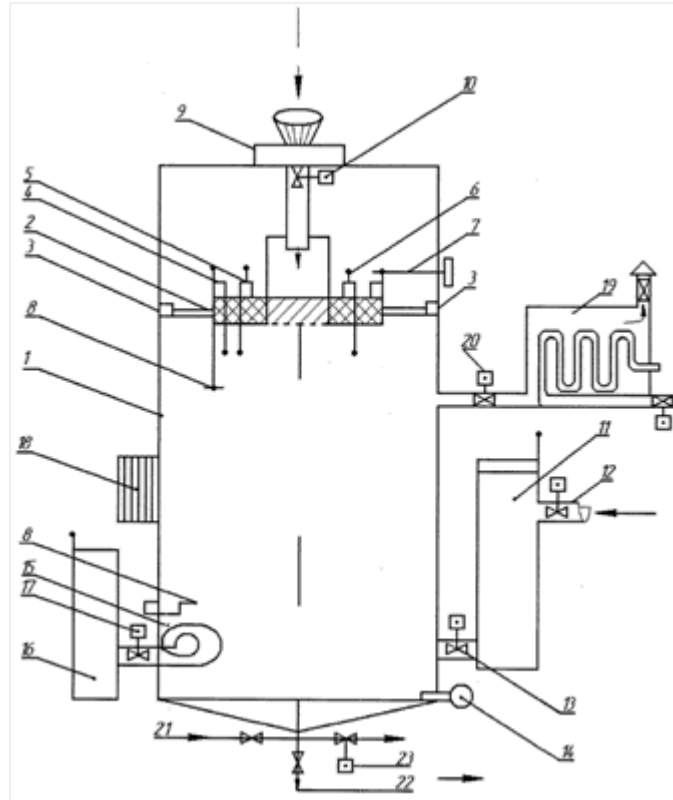


Рис. 1.4 Низькотемпературний суловарильний апарат

Отже розглянувши технічні рішення використовуемого обладнання, що застосовується для приготування пивного сула бачимо, що розвиток технічних та технологічних рішень проходить у напрямку підвищення ефективності праці та з метою поліпшення якості отриманого продукту. Також у пріоритеті підвищення техніко-економічних показників роботи означеного обладнання.

					<i>Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

## 2. ТЕХНІКО-СОЦІАЛЬНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

Існуючі типи обладнання для кип'ятіння пивного сусла, не зважаючи на широке використання мають ряд недоліків, що проявляються у технічних показниках роботи та якості кінцевого продукту. Розробка нового обладнання націлена на нівелювання цих недоліків.

Техніко-економічні і якісні показники пивного сусла в значній мірі визначаються його кип'ятінням, від якого залежить надалі і якість готового пива.

Тому інтенсифікація цього процесу, подальше вдосконалення технології і суслотварючої апаратури, розробка науково обґрунтованих оптимальних режимів кип'ятіння сусла, які забезпечили б мінімальні витрати на виробництво одиниці продукції і високу якість її, є найважливішими техніко-економічними задачами, що стоять перед інженерами бродильних виробництв.

Саме тому конструкція суслотварювальних апаратів має відповідати наступним вимогам:

- Якомога більша ефективність теплообміну, за допомогою збільшення коефіцієнту теплопередачі;
- Рівномірна передача теплоти суслу, що знаходиться у апараті;
- Зниження кількості пригорівшого сусла;
- Однорідна консистенція сусла;
- Зменшення тривалості контакту сусла з сорочкою апарату, що необхідно для зменшення пригорання;
- Енергоефективність і економічність.

Даний аналіз процесу кип'ятіння сусла та необхідних рішень для поліпшення технологічного процесу показує, що необхідно значно поліпшувати і навіть видозмінювати звичну конструкцію суслотварюального

					<i>180237.ДП.45.002.ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Дрк.</i>	<i>№ док-м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розробив</i>	<i>Ковальов</i>				<i>Техніко-соціальне обґрунтування</i>	<i>Літ.</i>	<i>Дрк.</i>
<i>Керівник</i>	<i>Чудов</i>						1
					<i>НУХТ ОХ-4-10ск</i>		
<i>Зав.каф</i>	<i>Гавва</i>						

апарату.

Частою проблемою теплообміну в циліндричних апаратах є утворення шарів рідини різних температур. Це зумовлено ламінарним характером потоку рідини в апаратах, які мають радіальну симетрію. Запропоноване рішення повністю нівелює цю проблему, завдяки двум мішалкам, котрі обертаються одному напрямку. Це надає руху суслу турбулентний характер і як наслідок поліпшує теплообмін.

Енергоєфективність поліпшується змійовиком, котрий знаходиться на одній з площин днища.

Щодо соціального обґрунтування слід зазначити, що дане обладнання має недолік у вигляді не достатньої автоматизації. Через це необхідно додаткове втручання людини у робочий процес. Але до переваг слід віднести покращену ремонтоздатність. Також апарат є достатньо компактним, що також додає зручності при обслуговуванні чи ремонті.

					<i>Техніко-соціальне обґрунтування</i>	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3. ХАРАКТЕРИСТИКА ВХІДНОГО МАТЕРІАЛУ ТА ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ. ОПИС ЗАПРОПОНОВАНОГО ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ. БУДОВА ТА ПРИНЦИП РОБОТИ ОБЛАДНАННЯ.

#### 3.1. Характеристика вхідного матеріалу і готової продукції.

Роздрібнюваний солод змішується з теплою водою в заторному апараті. Після закінчення перемішування (затирання) частина заторної маси (близько 40%) перекачується насосом в інший, поруч встановлений заторний апарат. Тут ця частина затору нагрівається до температури зацукрення (68-70°C), а потім після закінчення зацукрення - до кипіння. Після нетривалого кип'ятіння, з метою розварювання великих часток солоду, заторну масу (перше відварення) тим же насосом повертають в заторний апарат. При змішуванні киплячої частини затору із затором, що залишився в апараті, температура усієї маси досягає 70 °С. Затор залишають в спокої для зацукрення.

Після закінчення зацукрення частину затору знову перекачують насосом в апарат (друге відварення) для нагрівання до кип'ятіння і розварювання крупки. Друге відварення повертають в апарат, де після змішування обох частин затору температура підвищується до 75-80 °С. Потім усю масу з апарата насосом перекачують в один з фільтраційних апаратів. Каламутне сусло, що виходить на початку фільтрації насосом повертають назад у фільтраційний апарат; прозоре сусло через фільтраційну батарею або через регулятор тиску стікає в один з сусловарильних апаратів.

Промиту солодову дробину з фільтраційного апарату спускають в насос, який перекачує її в роздавальний бункер для продажу на корм худобі. Промивна вода, що містить невелику кількість екстрактних речовин, стікає у збірку, звідки насосом перекачується в котел для приготування наступного затору.

					<i>180237.ДП.45.003.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Дрк.</i>	<i>№ док-м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>	<i>Ковальов</i>				<i>Характеристика вхідного матеріалу та готової продукції. Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи обладнання.</i>	<i>Ліп.</i>	<i>Дрк.</i>	<i>Архив</i>
<i>Керівник</i>	<i>Чудов</i>						1	3
					<i>НУХТ ОХ-4-10ск</i>			
<i>Зав.каф</i>	<i>Гавва</i>							

У суловарильному котлі робиться кип'ятіння сусла з хмелем. При кип'ятінні сусла випаровується деяка кількість води, відбувається часткова денатурація білків сусла і його стерилізація. Гаряче сусло, що хмелить, спускають в хмелевідділювач; тут затримуються виварені хмелеві пелюстки, а сусло насосом перекачується у збірник гарячого сусла.

Описаний спосіб приготування пивного сусла не є єдино можливим, але він отримав найбільше поширення.

### **Опис запропонованого технічного рішення**

Суть розробки суловарильного апарату полягає в тому, що новий апарат має не прийнятну більшістю промисловостей циліндричну форму. Його прямокутна форма із двома не симетричними похилими днищами, хоча і не є абсолютно новим та ніде не використаним рішенням, але наразі такі апарати зустрічаються доволі рідко.

Переваги данної конструкції полягають у тому, що парні мішалки, розташовані на однаковій відстані від загрузочного відділення, обертаються у одному напрямку. Це створює турбулентний ефект при перемішуванні сусла і запобігає утворенню шарів сусла різної температури. Також слід відмітити, що апарат такої конструкції є відносно компактним, при великих об'ємах.

До недоліків слід віднести особливість конструкції, що обумовлена необхідністю встановити змійовик на одну із стінок днища. А саме може утворитися зменшена циркуляція сусла біля віддаленої від мішалок стінки.

### **Будова та принцип роботи обладнання**

Суловарильний апарат, що розглядається має нетипову конструкцію. Корпус являє собою паралелепіпед з днищем, що має дві площини під певним кутом одна до одної. Поверхні днища знаходяться під кутом 130° одна до одної та мають різну площу. Це зумовлено розміщенням на більшій з них, в середині апарату, змійовика, який забезпечує більшу поверхню теплообміну. Змійовик був встановлений для прискорення процесу і, як наслідок, збільшення продуктивності суловарильного апарату.

					Характеристика вхідного матеріалу та готової продукції. Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи обладнання.	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На обох площинах днища розташована сорочка, що виконана в спіральному варіанті, але з урахуванням форми апарату, а саме: полутрубка приварюється до днища зигзагом, так як днище являє собою дві плоскі площини.

На корпусі апарату присутні 6 штуцерів для підводу і відводу теплоносія. По одній парі на кожну сорочку та одна пара штуцерів (ввід та вивід) для зміювика.

Апарат має у своїй конструкції піновловлювач, встановлений на внутрішній стороні верхнього днища. Під час кип'ятіння сусла може утворюватися піна у великих кількостях за малий проміжок часу. Це може спризвести до поломки апарату та нещасних випадків на виробництві. Піновловлювач нівелює негативний вплив піни шляхом її нейтралізації.

Підвід вхідного продукту забезпечує, підключений до системи труб, вхідний патрубок. Після завершення кип'ятіння сусло видаляється з апарату через вивідний патрубок, розташований на нижньому днищі.

Процес варки сусла починається з його подачі у робочий простір суслварочного апарату. Після заповнення 35 м<sup>3</sup> робочого об'єму апарат герметизується та подається теплоносієм у сорочку. Починається процес теплообміну і перемішування двома мішалками розташованими на однаковій відстані від центра апарата. Автоматизовані системи випускають надлишковий тиск.

Процес кип'ятіння займає 1.5-2 години. Після його завершення сусло іде на подальші стадії обробки.

					Характеристика вхідного матеріалу та готової продукції. Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи обладнання.	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		3

#### 4. ВИБІР КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

На виробництвах харчової промисловості потрібно детально та якісно обирати матеріали. Це зумовлено тим, що вони використовуються для виготовлення деталей та вузлів апаратів, котактуючих з продуктами харчування людини. Слід зазначити, що у вузлах, де контакту з продуктом не відбувається, можна використовувати загальні правила підбору матеріалів.

Харчова промисловість розвивається у напрямку поліпшення, або ж зовсім усунення ручної праці. Також пріоритетним є збільшення різноманіття продукції. Саме тому галузь має використовувати лише найкращі матеріали, які будуть використані для створення апаратів харчової промисловості. Ці вимоги зумовлені рядом умов, наприклад: високою вологістю, великим діапазоном температур, контактом з продукцією та різноманітними середовищами, абразивними властивостями деяких продуктів, тощо. Отже обладнання харчової промисловості має підходити під усі вимоги, що поставлені перед ним.

Загалом матеріали для харчового обладнання мають відповідати вимогам, які ставляться до матеріалів, які входять в контакт із продуктами харчування. Вони не мають містити у своєму складі шкідливих речовин, елементів, чи вступати в хімічну реакцію із продукцією, людиною, чи середовищем зберігання. Також вони не мають взаємодіяти із мийними засобами, засобами дезинфекції або мастилами.

Також дуже важливою вимогою для застосування матеріалів є їх корозійна стійкість.

Вже давно існують стандарти щодо марок матеріалів, які використовуються. Це сприяє поліпшенню ріня уніфікації та технологічності.

Іноді технічні задачі диктують потребу у використанні матеріалів не передбачених ГОСТ 27-00223-75. У цьому випадку необхідно узгодити

					<i>180237.ДП.45.004.ПЗ</i>			
<i>Змін.</i>	<i>Док.</i>	<i>№ док.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Ковальов</i>			<i>Вибір конструкційних матеріалів</i>	<i>Літ.</i>	<i>Док.</i>	<i>Док.шів</i>
<i>Керівник</i>		<i>Чудов</i>					1	3
					<i>НУХТ</i>			
<i>Зав.каф</i>		<i>Гавва</i>			<i>ОХ-4-10ск</i>			

рішення з відповідним підрозділом Міністерства легкої та харчової промисловості.

Слід враховувати необхідність контролю токсичності матеріалу, що будет контактувати з продуктом. Обов'язковим є дозвіл органів по похороні здоров'я. Матеріал має бути корозостійким навіть при довготривалих контактах з робочим середовищем. Також необхідна механічна стійкість при виконанні роботи деталей, механізмів та усього апарату. І, нарешті, останньою, але не менш важливою є економічна доцільність.

Оскільки сусло є слабокислим середовищем, то найбільш задовільне та раціональне використання матеріалів, що не піддаються корозії. Тому враховуючи усі вимоги та правила я обрав матеріалом внутрішньої частини суслварочного апарату сталь 12X18H10T.

Трубопроводи, які використовуються для підводу та відводу продукту виготояють з тієї ж сталі, так як вони також контактують з продуктом. Вали мішалок теж підлягають використанню виключно 12X18H10T.

Характеристики:

Густина - 7920 кг/м<sup>3</sup>;

Твердість - НВ 10<sup>-1</sup> = 179 Мпа;

Жаростійкість – на повітрі при t=650 °С 2-3 група стійкості, при t=750 °С 4-5 група стійкості.

Усі не відподальні та не контактуючі із робочим середовищем деталі, вузли, тощо виконуються зі сталі марки Ст45. З данного матеріалу можуть бути виконані опори, сорочка, штуцери підводу та відводу теплоносія.

Для змащування рухомих елементів використовується мастило. Слід зазначити, що температура усередині апарату перевищує 100 °С, що у свою чергу означає неможливість використання звичайних мастил. Останні можуть перейти у текучий стан і потрапити у продукт, що негативно відобразиться на його якості. Тому вирішено було знайти альтернативу і у ході досліджень було обрано мастило ЦИАТИМ-221 ГОСТ 9433-80, що є

					<i>Вибір конструкційних матеріалів</i>	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

термостійким. В його склад входить кремнійорганічна рідина, що згущена комплексним милом з додаванням антиокисної присадки [30].

ЦИАТИМ-221 не створює негативної дії на організм людини та не подразнює слизисту та шкіру. Великим плюсом є його температура каплепадіння, яка складає не нижче 200 °С по ГОСТ 6793-74.

					<i>Вибір конструкційних матеріалів</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

## 5. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

### 5.1. Розрахунок кількості води, що випаровується при кип'ятінні суслу.

На початку концентрація сухих речовин  $K_n$  - 9 мас. %; у кінці  $K_k = 11$  мас. %. До кип'ятіння кількість суслу в апараті  $V_n = 35 \text{ м}^3$  (3500 дал). Густина суслу  $\rho_s = 1033,9 \text{ кг/м}^3$ .

Вода, що випарувалася позначається  $W$  та визначається рівнянням матеріального балансу. Кількість сухих речовин до і після варки не змінюється.

$$MK_n / 100 = (M - W)K_k / 100 \quad (1)$$

де  $M = V_n \rho_s$  — кількість суслу перед варкою, кг;

з цього можна визначити кількість води, що випарюється із суслу (у кг)

$$W = M(1 - K_n/K_k) = 35 \cdot 1033,9(1 - 9/11) = 6579 \text{ кг}. \quad (2)$$

Далі іде розрахунок витрати пари, що використовується для утворення суслу в апараті.

Початковий об'єм суслу в апараті дорівнює  $V_n = 35 \text{ м}^3$  (3500 дал) або  $M = V_n \rho_s = 35 \cdot 1039,9 = 36400 \text{ кг}$ . Початкова концентрація сухих речовин у суслі  $K_n = 11 \text{ мас.}\%$  кінцева  $K_k = 13 \text{ мас.}\%$ . Початкова температура суслу  $t_0 = 61^\circ\text{C}$ . Початкова густина суслу  $\rho_0 = 1039,9 \text{ кг/м}^3$ . Кількість води, що випарувалася  $W = 6579 \text{ кг}$ . Надлишковий тиск грюючої пари  $p_2 = 245166 \text{ Па}$ ; ККД апарата  $\eta = 0,95$ .

Розрахуємо рівняння теплового балансу:

$$V\rho_0 c_c t_0 + Di_2 = (V\rho_0 c_c - Wc_s)t_1 + Wi_g + D\theta + Q_{\text{п}} \quad (3)$$

де  $c_c$  - теплоємність суслу, кДж/(кг • °С);  $D$  - витрата грюючої пари, кг;  $t_1$  - температура кипіння, близька до  $100^\circ\text{C}$ ;  $i_g$ ,  $i_b$  - ентальпії грюючої і вторинної пари, кДж/кг;  $\theta$  - ентальпія конденсату, кДж/кг.

Із рівняння теплового балансу можна знайти витрату пари  $D$  (у кг)

					180237.ДП.45.005.ПЗ		
Змн.	Док.	№ док.	Підпис	Дата			
Розробив	Ковальов				Літ.	Док.	Архів
Керівник	Чудов					1	17
					Розрахункова частина		
					НУХТ ОХ-4-10ск		
Зав.каф	Гавва						

$$D = [V\rho_0 c_c (t_1 - t_0) + W(i_b - c_s t_1) + Q_{II}] / (i_s - \theta), \quad (4)$$

де  $c_c$  - питома теплоємність сушла це середньозважена величина питомих теплоємностей сухих речовин [ $c_0 = 1,423$  кДж/(кг · °С)] і води [ $C_B = 4,1868$  кДж/(кг · °С)].

$$\begin{aligned} \text{Питома теплоємність сушла розраховується за формулою [кДж/ (кг · °С)]} \\ c_c = c_0 [100 - (100 - K_H)] / 100 + C_B (100 - K_H) / 100 = \\ = 1,423 [100 - (100 - 11)] / 100 + 4,1868 (100 - 11) / 100 = 3,88. \end{aligned} \quad (5)$$

Ентальпії гріючої і вторинної пари:  $i_r = 2731,5$  кДж/кг і  $i_b = 2674,5$  кДж/кг.

Витрата пари, що витрачається на нагрів (у кг) розраховується залежно від ККД апарату ( $\eta = 0,95$ , тобто  $Q_{II} = 5\%$  загальної витрати пари) :

$$\begin{aligned} D = [36400 \cdot 3,88 (99,85 - 61) + 6579 \cdot (2674,5 - 418,68 \cdot 99,85) + 0,05] / \\ / [(2731,5 - 418,68 \cdot 99,85) \cdot 0,95] = 6788 \text{ кг.} \end{aligned}$$

## 5.2. Розрахунок матеріального балансу

Матеріальний баланс визначається на 100 кг продуктів (зернопродукти), які ідуть на готування пива, з подальшим перерахуванням в 1 дал і на річний випуск продукції.

Продуктивність підприємства, в якому може використовуватись розроблюємий апарат можна прийняти як 3 млн. дал пива на рік. У розрахунок входять дані про екстрактивність і вологість у зернопродукті, втрати екстракту в ході виробництва, тощо. Розрахунок проводиться відповідно рецептури підприємства.

Розраховується випуск продукції по роботі цеху розливу за рік. Пиво готується із використанням 100% солоду, тобто на 100 кг сировини йде 100 кг солоду.

При вологості солоду 4,5%,

у солоді:  $100(1 - 0,045) = 99,045$ ;

Вміст сухих речовин в сировині, кг: 99,045

Беремо екстрактивність солоду 80% від маси сухих речовин. Тоді вміст

					<i>Розрахункова частина</i>	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

екстрактивних речовин в сировині буде, кг:

$$\text{у солоді: } 99,045 \cdot 0,80 = 79,236;$$

Загалом екстрактивних речовин міститься, кг: 79,236

Частина екстракту (1,75% від маси зернопродуктів, що затираються) втрачається у дробині, саме тому у сусло переходить екстрактивних речовин, кг:

$$79,236(1 - 0,0175) = 78,2535.$$

Сухі речовини, що залишилися можна визначити як різницю між масою зернопродуктів та масою екстрактивних речовин, що переходять у сусло, кг:

$$99,045 - 78,2535 = 20,7915.$$

Початковими даними для визначення кількості проміжних продуктів є значення початкової концентрації сусла та об'ємних втрат на стадіях виробництва пива. Кількість проміжного продукту визначається наступним чином.

Згідно з проведеним розрахунком в сусло переходить 78,2535 кг екстрактивних речовин.

При концентрації сусла 11% з даної кількості екстрактивних речовин сусла виходить, кг:

$$(78,2535 \cdot 100) / 11 = 711,4.$$

Об'єм сусла при 60°C (при відносній густині сусла 1,0442 ) буде:

$$711,4 / 1,0442 = 681,283 \text{ л.}$$

Об'єм гарячого 11%-го сусла (з урахуванням його теплового розширення в 1,04 рази) буде дорівнювати, л:

$$681,283 \cdot 1,04 = 708,534 \text{ л.}$$

### 5.3. Розрахунок теплового балансу

Витрата тепла для варки сусла. Загальна кількість сусла в апараті - 35 м<sup>3</sup>. При густині сусла 1039.9 кг/м<sup>3</sup> та теплоємності 3,88 кДж/(кг · К) витрати тепла на підігрів його до кипіння визначається наступним чином, кДж:

$$Q_c = V_n \cdot \rho_c \cdot c_c \cdot 10 = 35 \cdot 1039.9 \cdot 3,88 \cdot 10 = 1412 \text{ кДж}; \quad (6)$$

					<i>Розрахункова частина</i>	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Під час кип'ятіння випаровується  $6,579 \text{ м}^3$  води, тоді витрати тепла на випарювання складатимуть, кДж:

$$Q_v = W \cdot \rho_v \cdot \lambda = 6,579 \cdot 1000 \cdot 2258,4 = 14860 \text{ кДж}; \quad (7)$$

де  $\rho_v$  - густина води, кг/м<sup>3</sup>;

$\lambda$  - питома теплота пароутворення води, кДж/кг.

Витрати тепла на варку суслу при ККД=0,95 складатимуть, кДж:

$$Q_z = (Q_c + W)/0,95 = (1412000 + 14860000)/0,95 = 17130 \text{ кДж}. \quad (8)$$

#### 5.4. Розрахунок повної витрати пари на приготування пивного суслу у сусловирильному апараті.

Кількість солоду, що переробляється за один раз - 10000 кг. Питома теплоємність сухих речовин солоду з  $c_0 = 1,423 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{Д}^\circ\text{С})$ . Температура води для затирання  $60 \text{ }^\circ\text{С}$ ; температура холодної води  $11 \text{ }^\circ\text{С}$ ; температура води для промивання дробини  $80 \text{ }^\circ\text{С}$ . Тиск гріючої пари (надмірний)  $245250 \text{ Па}$ . Витрата води на затирання  $1400 \text{ л}$  для кожних  $100 \text{ кг}$  солоду; витрата води для промивання дробини  $1410 \text{ л}$  на кожних  $100 \text{ кг}$  солоду. Варіння пива – двухвідварного типу.

Загальна витрата пари у цеху складається із витрат на нагрівання води на затирання, нагрівання і кип'ятіння заторної маси і суслу, нагрівання води для промивання дробини, нагрівання води для миття апаратів.

Виразуємо витрату теплоти на нагрівання води для затирання:

$$Q_1 = 4,1868 \cdot 1400 \cdot 10000(60 - 11) / 100 = 28721448 \text{ кДж}. \quad (9)$$

Вага заторної маси  $10000 + 1 \cdot 1400 \cdot 10000/100 = 150000 \text{ кг}$

Питому теплоємність солоду розрахуємо як середньозважену величину теплоємності суміші речовин солоду і води, що міститься в ньому в кількості  $5 \text{ мас. \%}$ :

$$c_c = 1,423(1 - 0,05) + 4,1868 \cdot 0,05 = 1,56 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{ }^\circ\text{С}). \quad (10)$$

Якщо температура солоду рівна  $12 \text{ }^\circ\text{С}$ , тоді температура заторної маси  $[10000 \cdot 1,56 \cdot 12 + (150000 - 10000) \cdot 4,1868 \cdot 60] / [1,56 \cdot 10000 + (150000 - 10000) \cdot 4,1868] = 56,1 \text{ }^\circ\text{С}$ .

					<i>Розрахункова частина</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

Підрахуємо витрату теплоти на нагрівання, а також перше відварювання заторної маси. Треба відібрати в другий заторний апарат 40 % загальної кількості заторної маси:  $150000 \cdot 0,4 = 60000$  кг

Питома теплоємність заторної маси:

$$c_3 = 1,56 \cdot 10000 + (150000 - 10000)4,1868 / 150000 = 3,68 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}). \quad (11)$$

Кількість теплоти, яка потребується для першого відварювання від  $56,1$  °С до кипіння:

$$Q'_2 = 60000 \cdot 3 \cdot 68 \cdot (100 - 56,1) = 10080840 \text{ кДж}. \quad (12)$$

Якщо за час кип'ятіння випаровується 2 % води загальної кількості маси, і визначимо кількість теплоти для кип'ятіння першого відварювання  $60000 \cdot 0,02 = 1200$  кг, тоді:

$$Q''_2 = 1200 \cdot 2256,8 = 2821000 \text{ кДж} \quad (13)$$

де  $2256,8$  кДж/кг - кількість теплоти при випаровуванні води при  $100^\circ\text{C}$ .

При тепловому ККД=0,95 заторного апарату, можна визначити витрату теплоти на перше відварювання (у кДж):

$$Q_2 = (Q'_2 + Q''_2) / 0,95 = (10080840 + 2821000) / 0,95 = 13580884. \quad (14)$$

Опісля першого відварювання в апараті залишилося  $60000 - 1200 = 58800$  кг заторної маси.

Якщо за час першого відварювання температура заторної маси, що знаходиться в першому заторному апараті, знизилася з  $56,1$  до  $52$  °С, то після змішування обох частин заторної маси температура маси  $[(150000 - 60000)52 + 58800 \cdot 100] / (150000 - 125) = 71$  °С.

Визначимо теплоту на нагрівання і кип'ятіння другого відварювання заторної маси. Необхідна кількість теплоти для нагрівання другого відварювання (6240 кг) до температури кипіння:

$$Q''_3 = 60000 \cdot 3,68(100 - 71) = 6659330 \text{ кДж}. \quad (15)$$

Витрата теплоти на кип'ятіння другого відварювання той же, що і для першого відварювання, тобто  $Q''_3 = 2821000$  кДж.

					<i>Розрахункова частина</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

Загальна витрата теплоти (з урахуванням ККД апарату) на друге відварювання (у кДж)

$$Q_3 = (Q'_3 + Q''_3)/0,95 = (6659330 + 2821000)/0,95 = 9979295. \quad (16)$$

Розрахуємо теплоту, яка витрачається в апараті фільтрації. На промивання дробини витрачається  $141010000/100=141000$  л або  $1410 \cdot 10000 \cdot 1/100=141000$  кг води.

На нагрівання води що промиває дробину від 11 до 80 °С буде необхідно

$$Q_4 = 141000 \cdot 4,1868(80 - 11) = 37266718 \text{ кДж теплоти.} \quad (17)$$

Розрахуємо кількість теплоти, яка витрачається в сушварочному апараті. У ньому сушло з промивною водою нагрівається до температури кипіння і далі кипить протягом 1,5-2 г до отримання відповідної щільності сусла. На кожних 100 кг солоду виходить в середньому 720 л в суміші з промивною водою. візьмемо початкову температуру сусла і промивної води рівною 66 °С і підрахуємо витрату теплоти для нагрівання розбавленого сусла до температури кипіння

$$Q'_5 = [(720 - 10000(100 - 66)3,88)]/100 = 29229127 \text{ кДж} \quad (18)$$

де 3,88 - питома теплоємність сусла, кДж/ (кг • С°).

За час, необхідний для кипіння з сусла випаровується приблизно 18 % води від початкової кількості, тобто 3888 кг.

Витрата теплоти для кипіння даної кількості води:

$$Q''_5 = 3888 \cdot 2542 = 9883000 \text{ кДж.} \quad (19)$$

Загальна кількість теплоти, що необхідна на випаровування цієї води буде (з урахуванням втрат у кДж):

$$Q_5 = (Q'_5 + Q''_5)/0,95 = (29229127 + 9883000) / 0,95 = 41170660 \text{ кДж.} \quad (20)$$

Розрахуємо витрату теплоти для нагрівання води задля санітарних потреб. По нормам по миттю виробничих апаратів і приміщень треба витрачати 2000 л води на кожне кип'ятіння сусла. Кількість теплоти для нагрівання цієї кількості води до 60 °С становить:

$$Q_6 = 4,1868 \cdot 2000 \cdot 1(60-11) = 410306 \text{ кДж.} \quad (21)$$

					<i>Розрахункова частина</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Сумарна витрата теплоти і пари на приготування сусла (у кДж):

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 = 28721448 + 13580884 + 9979295 + 37266718 + 41170660 + 410306 = 131129311 \text{ кДж.} \quad (22)$$

Прийmemo, що конденсат гріючої пари у всіх нагрівальних апаратах охолоджується до 100 °С. Тоді витрата пари на 1 вариво при  $P = 245166 \text{ Па}$  буде  $131129311 / (2731,5 - 418,68) = 56696 \text{ кг}$

Витрата пари на кожних 100 кг використовуваного солоду становить  $56696 / (10000 / 100) = 566.96 \text{ кг}$

### 5.5. Розрахунок площі поверхні теплопередачі сусловарильного апарату для варіння пивного сусла.

Корисний об'єм сусловарильного апарату  $V = 35 \text{ м}^3$  (35000 дал). Початкова кількість сусла  $M = V \rho = 35 * 1033,9 = 36186.5 \text{ кг}$ . Під час півтори години роботи апарату початкова концентрація сухих речовин сусла  $K_n = 9 \text{ мас} \%$  підвищується до  $K_k = 11 \text{ мас} \%$ . Початкова температура сусла  $t_a = 60 \text{ °С}$ . Тиск гріючої пари 0.6 МПа. Поверхня теплопередачі — парова спіральна сорочка з листової сталі завтовшки  $\delta = 0,012 \text{ м}$ .

Загальна кількість води, яка випаровується із сусла (у кг)

$$W = M(1 - K_n / K_k) = 36186.5 (1 - 9/11) = 6579 \text{ кг.} \quad (23)$$

За 1 год випаровується води  $6579 \cdot 60/90 = 4386 \text{ кг}$

Тоді годинну витрату гріючої пари (у кг) визначимо із рівняння теплового балансу сусловарильного апарату:

$$D = [Mc_c (t_1 - t_0) + W(i_v - c_v) + Q_n] / (i_g - i_k), \quad (24)$$

де  $c_c, c_v$  - питома теплоємність сусла і води, кДж/(кг · °С);  $i_0, i_1$  — початкова і кінцева температури сусла °С;  $i_g, i_v$  - ентальпія гріючої і вторинної пари, кДж/кг;  $i_k$  - ентальпія конденсату, кДж/кг.

Витрата гріючої пари підраховується, приймаючи втрати теплоти 5 % загальної витрати (ККД апарату  $\eta = 0,95$ ), наступним чином:

Теплоємність сусла [кДж / (кг · °С)]

$$c_c = c_v(100 - w_n) / 100 + (c_v \cdot w_n) / 100 = 1,423 (100 - 91.5) / 100 + (4,1868 \cdot 91.5) / 100 = 3,95 \quad (25)$$

					<i>Розрахункова частина</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

де  $w_H = 100 - 8,5 = 91,5 \%$  - вміст вологи в початковому суслі.

Ентальпія гріючої, вторинної пари і конденсату:  $i_r = 2731,5$  кДж/кг;  $i_b = 2674,5$  кДж/кг;  $i_k = 418,68$  кДж/кг.

Годинна витрата гріючої пари при втратах теплоти до 5 % (ККД апарату  $i=0,95$ ) складе:

$$D = [36186,5 * 3,95 (99,85 - 60) + 6579(2674,5 - 418,68)] / [0,95 * (2731,5 - 418,68)] = 9347 \text{ кг/год.}$$

Теплове навантаження на поверхню теплопередачі (у Вт)

$$Q = D(i_r - i_k) / 3,6 = 9347 (2731,5 - 418,68) / 3,6 = 6004980 \text{ Вт.} \quad (26)$$

Слід зазначити, що температура гріючої пари і киплячого суслу протягом кип'ятіння залишається незмінною, тобто  $\Delta t = 157,85 - 99,85 = 58 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Коефіцієнт тепловіддачі  $\alpha_1$  від гріючої пари розраховуємо по формулі:

$$\alpha_1 = c \sqrt{\frac{\gamma^2 \lambda^3}{\mu}} \cdot \sqrt[4]{r / \sqrt{L(t_r - t_{ct})}} \quad (27)$$

де,  $c$  - коефіцієнт пропорційності (для вертикальних труб і стінок  $c = 0,533$ ; для горизонтальних труб  $c = 0,414$ );  $\gamma$  - питома вага конденсату, Н/м<sup>3</sup>;  $\lambda$  - коефіцієнт теплопровідності конденсату, Вт/(м • °С);  $\mu$  - коефіцієнт в'язкості;  $r$  - питома теплота випаровування, кДж/кг;  $t_r$ ,  $t_{ct}$  - температура гріючої пари і стінки °С;  $L$  — лінійний розмір (для вертикальних стінок і труб  $L=H$ ; для горизонтальних  $L = d$ , м); прийmemo  $L = 2,780$  м.

Значення всіх величин, що входять в корінь четвертого ступеня ( $\sqrt[4]{\gamma^2 \lambda^3 / \mu}$ ), приймають залежно від середньої температури плівки конденсату:

$$t = 0,5 (t_r + t_{ct}), \quad (28)$$

де  $t_{ct}$  — температура стінки °С, визначається по відомому рівнянню:

$$t_{ct} = t_r - K * \Delta t / \alpha = 157,85 - 1860 * 58 / 5800 = 145,6 \text{ }^\circ\text{C},$$

тут  $t_r$  - температура гріючої пари °С ( $t_r = 157,85 \text{ }^\circ\text{C}$ );  $K$  - коефіцієнт теплопередачі прийнятий рівним 1860 Вт/(м<sup>2</sup> • К), а коефіцієнт тепловіддачі  $\alpha = 5800$  Вт/(м<sup>2</sup> • К);  $\Gamma_\phi = 0,5 (157,85 + 145,6) = 145,6 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Розрахуємо величину коефіцієнта тепловіддачі  $\alpha_1$  від гріючої пари:

					<i>Розрахункова частина</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

$$\alpha_1 = 0.533 \cdot 12090 \cdot 6.81 / \sqrt[4]{1.5(157.85 - 145.6)} = 21195 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}).$$

Для сферичного і похилого днищ апарату або вертикальної стінки вводять поправку. Вважатимемо, що нахил похилого днища має кут  $60^\circ$ , тоді [ Вт/ (м<sup>2</sup> • К) ]:

$$\alpha_{\text{нахил}} = \alpha_1 \sqrt[4]{\sin 60^\circ} = 21195 \cdot \sqrt[4]{0.866} = 20446 \quad (29)$$

Коефіцієнт тепловіддачі від поверхні парової сорочки до киплячого сусла можна визначити, не зважаючи на впливом фізичних параметрів сусла ( $\lambda$ ,  $c$ ,  $p$ ,  $\mu$ ), через його невисоку концентрації, по наступній формулі [ Вт/ (м<sup>2</sup> • К) ]:

$$\alpha_2 = 3,25q^{0.75}; \quad \alpha_2 = 3,25 \cdot 63805^{0.75} = 13047,$$

де,  $q$  - питоме теплове навантаження, обчислене по наближених нормах ( $q = 63805 \text{ Вт}/\text{м}^2$ ).

Коефіцієнт теплопередачі  $K$  від гріючої пари до сусла  $K = 1/(1/20446 + 0,012/46,5 + 1/13047) = 2607 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ . У формулі 46,5 — коефіцієнт теплопровідності сталі, Вт/ (м • К).

На внутрішній поверхні апарату при кип'ятінні сусла обов'язково утворюється осад, що зменшує теплопередачу, саме тому коефіцієнт теплопередачі слід понизити на 15 %, тобто  $K = 2607 \cdot 0,85 = 2215 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ .

Поверхня теплопередачі апарату (у м<sup>2</sup>)

$$F = Q / (K \Delta t) = 6004980 / (2215 \cdot 38,2) = 40 \text{ м}^2. \quad (30)$$

Отже площа поверхні теплопередачі на 1 м<sup>3</sup> корисної місткості апарату вийшла  $40/35 = 1.41 \text{ м}^2/\text{м}^3$ .

**5.6. Розрахунок кількості води, що випаровується з сусліварильного апарата при варінні пивного сусла, річної економії теплоти і умовного палива при використанні вторинної пари.**

1 кг води, який випаровується під час кип'ятіння сусла в апараті нагріває в теплообміннику приблизно 6 кг води від  $t_1 = 10$  до  $t_2 = 70$  °С. Теплота утворення вторинної пари в апараті  $r = 2248 \text{ кДж}/\text{кг}$ . Об'єм сусла  $V_c$

					<i>Розрахункова частина</i>	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$= 35 \text{ м}^3 (G_c = V \rho_c = 35 \cdot 1034 = 36190 \text{ кг, тут } \rho_c = 1034 \text{ кг/м}^3 \text{ — щільність суслу). Число варив, проведених протягом року, } n = 900. \text{ Кількість вторинної пари, яка відбирається з суслотоварильного апарату, } 8 \text{ мас. \% суслу.}$

Питома кількість води  $W_1$  (у кг/кг), яка підігрівається в теплообміннику від  $t_1 = 10$  до  $t_2 = 70$  °С за допомогою одного кілограма вторинної пари, складе:

$$W_1 = G_1[r + c_w(t_k - t_2)]/[c_w(t_2 - t_1)] = 1[2248 + 4.1868 \cdot (99.85 - 70)]/[4.1868 \cdot (70 - 10)] = 9.45 \quad (31)$$

де,  $G_1$  маса вторинної пари, кг;  $r$  - теплота паротворення, кДж/кг;  $c_w$  - теплоємність води, кДж/(кг К);  $t_k$ ,  $t_2$ ,  $t_1$  - температура відповідно кипіння суслу, кінцевої і початкової вод, які нагріваються °С.

Однак через неминучі втрати вторинної пари питома кількість води, що нагрівається, буде менша на 20 мас. %, а саме  $W_2 = W_1 \cdot 0,8 = 7,56$  кг/кг, саме тому кількість води, яка нагрівається від 10 до 70 °С вторинною парою, що, у свою чергу, поступає в трубчастий конденсатор з апарату, буде дорівнювати (у кг):

$$W = W_2 G_c \cdot 0,08 = 7,56 \cdot 36190 \cdot 0,08 = 21888 \text{ кг.} \quad (32)$$

Кількість теплоти, яка отримана від вторинної пари одного варива суслу (у кДж)

$$Q_w = W G_c (t_2 - t_1) = 21888 \cdot 4,1868 (70 - 10) = 5498441 \text{ Дж.} \quad (33)$$

Економія теплоти за рік (у кДж)

$$Q_z = Q_w \cdot n = 5498441 \cdot 900 = 49,5 \cdot 10^7. \quad (34)$$

При питомій теплоті згорання умовного палива  $q_d = 29308$  кДж/кг економія палива (у кг)

$$M = Q_z / q_d = 49,5 \cdot 10^7 / 29308 = 16890 \text{ кг.} \quad (35)$$

## 5.7. Конструктивний розрахунок

Розрахунок перемішуючого пристрою

Густина середовища  $\rho_c = 1039,9$  кг/м<sup>3</sup>

В'язкість середовища  $\mu_c = 33,8$

					<i>Розрахункова частина</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Висота стовпа рідини в апараті  $H_p=2$  м

Ширина апарату  $D_{вн}=4$  м

Визначаємо потужність електродвигуна.

$$N_{ел} = \frac{N_{м'} + 0,2N_{м'}}{\eta} \quad (36)$$

де  $N_{м'}$  - розрахункова потужність на перемішування, Вт.

$\mu$  - коефіцієнт корисної дії електродвигуна.

Визначаємо потужність, яку споживає перемішувачий пристрій на перемішування, при висоті стовпа рідини в апараті  $H_p = 2$  і ширині  $D_{вн} = 4$  м.

$$N_{м} = K_N \cdot \rho_c \cdot n^3 \cdot d_m^5 \quad (37)$$

де  $K_N$  - критерій потужності;

$\rho_c$  - густина середовища, яке перемішується,  $\text{кг/м}^3$ ;

$n$  - частота обертання мішалки,  $\text{сек}^{-1}$ .

$d_m$  - діаметр мішалки, м.

Визначаємо діаметр мішалки.

$$\frac{D_{вн}}{d_m} = 1,1,$$

Але оскільки апарат має змійовик, реальна внутрішня ширина доступна для розміщення мішалки  $D_{вн}=850$  мм.

$$d_m = \frac{D_{вн}}{1,1} \quad (38)$$

$$d_m = \frac{0,85}{1,1} = 0,773 \text{ м}$$

Приймаємо стандартну мішалку діаметром 750мм. [2]

Розраховуємо окружну швидкість мішалки:

$$n = \frac{\omega}{\pi \cdot d_m} \quad (39)$$

де  $\omega$  - окружна швидкість мішалки, м/сек.

$n = 0,992$  об/сек.

$$\omega = 0,992 * 3,14 * 0,75 = 2,3 \text{ м / сек}$$

					<i>Розрахункова частина</i>	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Також приймаємо  $n = 1 \text{ сек}^{-1}$  [2]

Визначаємо центробіжний критерій Рейнольдса.

$$Re_y = \frac{\rho \cdot n \cdot d^2}{\mu} \quad (40)$$

$$Re_y = \frac{1039.9 * 1 * 0.75^2}{33,8 * 10^{-3}} = 17310$$

Критерій потужності  $K_N = 1,4$  [2]

$$N_m = 1,4 * 1039.9 * 1_3 * 0.75 = 1092 \text{ Вт}$$

Визначаємо кінцеву розрахункову потужність на перемішування.

$$N'_m = K_N \cdot N_m \quad (41)$$

$$N_m = 1,4 * 1100 = 1540 \text{ Вт}$$

$$N_{el} = \frac{1540 + 0,2 * 1540}{0,95} = 1945 \text{ Вт}$$

Приймаємо стандартну потужність електродвигуна  $N_{el} = 2 \text{ кВт}$  [2]

Розрахунок вала на вібростійкість.

Вібростійкість - визначаюча умова роботи вала, тобто при виконанні цієї умови жорсткість і міцність вала забезпечується.

Порядок вибору розрахункової схеми вала.

1) Вибираємо тип привода з відповідною характеристикою за розрахунковою потужністю та швидкістю обертання вала [2].

Приймаємо привод з двома проміжними опорами, мотор-редуктором типу ВО та електродвигуном серії А02.

2) По типу привода визначаємо його основні параметри (потужність і швидкість обертання) [2].

3) По таблицям [2] складаємо розрахункову схему вала та визначаємо геометричні розміри вала у відповідності з розмірами апарата.

В апаратах з перемішувачими пристроями, як правило, застосовуються жорсткі вали, які мають кутову швидкість нижче першої критичної  $\omega_{01}$  та задовольняючі умові.

					<i>Розрахункова частина</i>	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\omega < 0,7\omega_{01},$$

де  $\omega$  - дійсна швидкість вала, рад/сек.

$\omega_{01}$  - перша критична швидкість вала, рад/сек.

Для середовища густина  $\rho > 1500 \text{ кг/м}^3$  та в'язкість  $\mu > 0,3 \text{ Па} \cdot \text{с}$  умова вібростійкості:

$$\omega < 0,55\omega_{01}$$

Визначаємо першу критичну швидкість.

$$\omega^{01} = \frac{\alpha^2}{L^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{m}} \quad (42)$$

де  $\alpha$  - корінь рівняння критичної швидкості.

$L$  - довжина вала, м.

$m_b$  - маса одного погонного метра вала, кг/м.

$E$  - модуль пружності матеріалу вала, Па.

$I$  - момент інерції поперечного розтину вала,  $\text{м}^2$ .

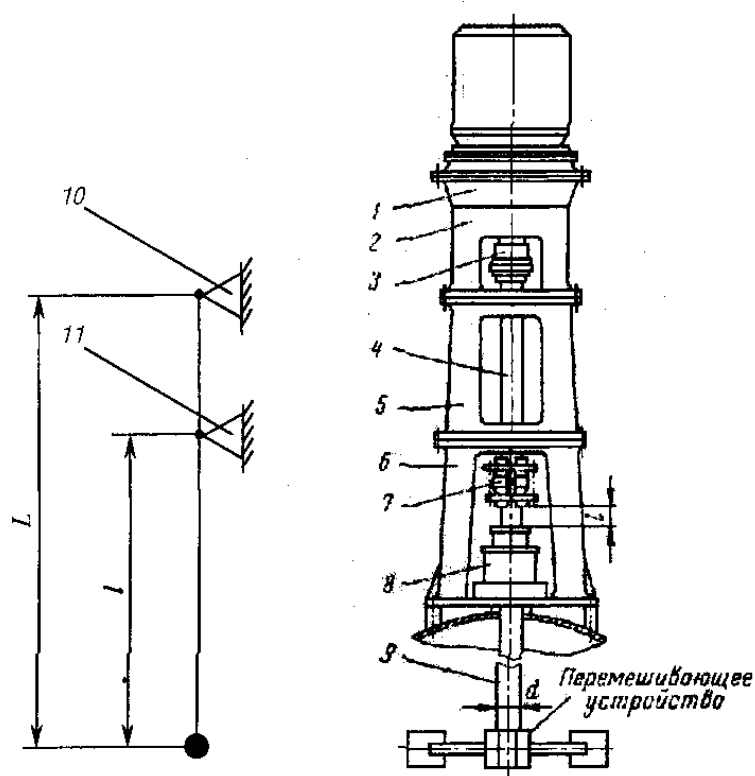


Рис. 5.1 Розрахункова схема вала:

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

1 - мотор-редуктор; 2 - перехідник; 3 - муфта; 4 - проміжний вал; 5 - стійка; 6 - стійка, 7 - муфта; 8 - ущільнення; 9 - вал перемішуючого пристрою; 10 - проміжний підшипник; 11 - проміжний підшипник.

Необхідні дані для розрахунку:

Довжина вала  $L=3.5\text{м}$

Відстань між муфтою та ущільненням  $l=60\text{мм}$

Виліт вала  $l_1=3\text{м}$

Маса мішалки  $m_m=190\text{кг}$

Дійсна швидкість вала  $\omega=6.2\text{рад/сек}$

Потужність на перемішування  $N'_m=2000\text{Вт}$

Допустиме напруження на кручення матеріалу вала  $[\tau] = 44\text{МПа}$

Визначаємо діаметр вала з умов міцності

$$d_g = 1,71 \cdot \sqrt[3]{\frac{N'_m \cdot \omega}{[\tau]}} \quad (43)$$

$$d_g = 1,71 \cdot \sqrt[3]{\frac{2000 \cdot 6,2}{44}} = 11,2\text{мм}$$

Приймаємо діаметр вала  $d_b = 65\text{мм}$  [2]

Визначаємо корінь рівняння критичної швидкості

Визначаємо коефіцієнт  $\alpha$

$$\alpha = \frac{l_1}{L} \quad (44)$$

$$\alpha = \frac{3}{3,5} = 0,86$$

Визначаємо коефіцієнт  $k$

$$k = \frac{m_m}{m_g \cdot L} \quad (45)$$

де  $m_b$  - маса одного погонного метра вала, кг.

Визначаємо масу одного погонного метра вала

$$m_g = \rho_g \cdot 0,785 \cdot d_g^2 \cdot l \quad (46)$$

де  $\rho_b$  - густина матеріалу вала,  $\text{кг/м}^3$

					<i>Розрахункова частина</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

$$\rho_B = 7920 \text{ кг/м}^3$$

$$m_e = 7920 * 0,785 * 0,065_2 * 1 = 26,2 \text{ кг / м}$$

$$k = \frac{190}{26,2 * 2} = 3,2$$

По графіку [1] вибираємо коефіцієнт  $a$  в залежності від розрахункової схеми вала, а також від коефіцієнтів  $\alpha$  і  $k$ ,  $\alpha = 0,9$ .

Модуль пружності матеріалу вала  $E = 1,92 \cdot 10^5 \text{ Па}$  [1]

Визначаємо момент інерції поперечного розтину вала.

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64} \quad (47)$$

$$I = \frac{3,14 * 11,2^4}{64} = 772 \text{ Н}$$

$$\omega_{01} = \frac{0,86^2}{3,5^2} * \sqrt{\frac{1,92 * 10^5 * 772}{26,2}} = 143 \text{ рад/с}$$

Перевіряємо вібростійкість вала

$$\omega < 0,7 \omega_{01}$$

$$6,2 < 0,7 \cdot 143 \text{ рад/сек.}$$

$$6,2 < 100 \text{ рад/сек.}$$

Умова вібростійкості вала виконується, міцність та жорсткість вала забезпечується.

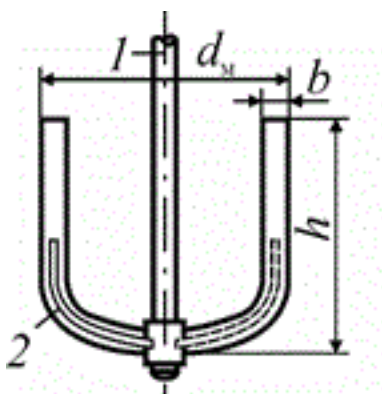


Рис. 5.2 Мішалка якірна:

1 – вал; 2 – лопать.

Визначаємо розміри якірного перемішуючого пристрою.

					<i>Розрахункова частина</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Діаметр мішалки  $d_m=750\text{мм}$

Висота мішалки  $h=710\text{мм}$

Ширина мішалки  $b=50\text{мм}$

Висота рівної частини лопасті  $h_r=450\text{мм}$

$$a = \frac{b}{\sqrt[4]{\frac{h * \left( \left( \frac{0,5d}{m} \right)^4 - 1 \right)}{\left( 0,5d_m - b \right)}}}} \quad (48)$$

$$a = \frac{50}{710 * \sqrt[4]{\frac{\left( 0,5 * 750 \right)^4 - 1}{\left( 0,5 * 750 - 50 \right)}}}} = 0,04 \quad (49)$$

Розрахунковий крутний момент лопасті у місці його з'єднання зі ступицею:

$$M'_k = 0,0542 * \frac{\left[ \left( 0,5d_m \right)^3 - \left( 0,5d_m - b \right)^3 \right] * (h - b) * \frac{N'_m}{n}}{\left[ \left( 0,5d_m \right)^4 - \left( 0,5d_m - b \right)^4 \right] * (1 + a)} \quad (50)$$

$N'_m$  - розрахункова потужність;

$n$  - частота обертів мішалки

$$M'_k = 0,0542 * \frac{\left[ \left( 0,5 * 750 \right)^3 - \left( 0,5 * 750 - 50 \right)^3 \right] * (710 - 50) * \frac{2000}{0,992}}{\left[ \left( 0,5 * 750 \right)^4 - \left( 0,5 * 750 - 50 \right)^4 \right] * (1 + 0,04)} = 148 \text{ Н} / \text{ м}$$

Розрахунковий вигинаючий момент  $M'_{u1}$  в н\*м у місці переходу прямої частини лопаті в криву:

$$M'_{u1} = M'_k \left( 1 - \frac{h_r}{h - 0,5 * b} \right) \quad (51)$$

$$M'_{u1} = 148 \left( 1 - \frac{450}{710 - 0,5 * 50} \right) = 51 \text{ Н} * \text{ м}$$

Розрахунковий момент опору поперечного перерізу лопасті у місці з'єднання її зі ступицею:

$$W' = \frac{\sqrt{\left( M'_u \right)^2 + 4 \left( M'_{u1} \right)^2}}{q_{уд}} \quad (52)$$

$q_{уд}$  - допустиме навантаження на згиб для матеріала лопасті;

						Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розрахункова частина	

$$W' = \frac{\sqrt{(51)^2 + 4(51)^2}}{150} = 0.83 \text{ см}^3$$

Номінальна розрахункова товщина лопасті:

$$s' = \sqrt{\frac{6M'_{u1}}{bq_{u0}}} \quad (53)$$

$$s' = \sqrt{\frac{6 * 51}{50 * 150}} = 0.2$$

З урахуванням двусторонньої прибавки на корозію та скруглення розміру приймаємо  $s=10\text{мм}$ .

Розрахункова напруга на 1 болт:

$$P' = \frac{M'_u}{A} \quad (54)$$

A – відстань між болтами в горизонтальному напрямі в м(см).

A=80

$$P'_\sigma = \frac{51}{80} = 0.64 \text{ Н / см}$$

Висновок: мішалка за даних умов придатна до експлуатації.

					<i>Розрахункова частина</i>	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6. ВИМОГИ ДО МОНТАЖУ, ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА РЕМОНТУ

Монтаж являє собою встановлення обладнання, а також його складових частин на місце, на якому буде проходити експлуатація. Монтаж обладнання це комплекс робіт, які передбачають збірку обладнання, встановлення його у робоче положення на задалегіть спланованому місці, яке передбачене проектом, збирання та під'єднання до технологічної лінії, випробування в режимі холостого ходу і режимі робочого ходу, а також різноманітні допоміжні операції, що по деяким причинам не були виконані під час виготовлення обладнання.

Виробничий процес монтажу обладнання являє собою сукупність операцій, за допомогою яких агрегат складають із виробів машинобудування. Також у ході виробничого процесу монтажу обладнання можуть бути створені промислові лінії та технологічні установки, що необхідні для виготовлення продукції.

Отже монтаж обладнання включає в себе: підготовчі роботи по монтажу та випробування обладнання, що монтувалося. Технологічні процеси монтажу поділяють на основні, підготовчі та пусконаладжувальні.

### Технологія монтажу суловарильного апарата

Спочатку проходить транспортування апарату до місця монтажу. Транспортувати апарат суловарильний можна за допомогою залізничного або, при можливості, річкового транспорту. Під час розвантаження використовують спеціальний причеп-тягач. Обов'язково має бути узгоджена схема завантаження, розвантаження, кріплення та маршрут руху. По території підприємства апарат пересувають за допомогою спец-транспорту.

Після доставлення апарата проводиться розпаковка та очищення апарату

					<i>180237.ДП.45.006.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док-м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Ковальов</i>			<i>Вимоги до монтажу, експлуатації та ремонту</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркшів</i>
<i>Керівник</i>		<i>Чудов</i>					1	7
					<i>НУХТ ОХ-4-10ск</i>			
<i>Зав.каф</i>		<i>Гавва</i>						

від захисного покриття. Також від покриття звільняють вузли та деталі, які йшли окремо.

Далі іде укрупнююча зборка. Приєднується до апарату контрольно-вимірний інструмент.

Апарати великої потужності викликають складнощі під час транспортування на великі відстані. Для зручності апарат доставляють частинами що збирається по місцю.

Далі, під час такелажних робіт апарат переміщують за допомогою підйомного крану.

Наступні, розміточні, роботи проводять за робочими кресленнями чехнологічної частини проекту. Для виконання розміточних робіт використовуються сталі рулетки, складальні метри, кутники, струни. Також використовують спец-засоби, такі як геодезичні та лазерні прилади, гідростатичні рівні, універсальні пристрої для розмітки осьових ліній. До основних розміточних операцій відносять розмітку перпендикулярних осей, перенесення осей по вертикалям на різні поверхи, тощо.

До установки суловарильного апарата збирають опорну раму з підвісками і планками, що закріплені болтами. Стріловидним краном монтуєть апарат у опорну раму, закріплюють підвіски, надійно з'єднують. Потім прикріплюють мішалки з ущільненням, під'єднують до приводів, перевіряють змійовик. Далі іде монтаж трубопроводів та арматури гарячої пари, запобіжний та редуційний клапани. Надійно закріплюють верхнє днище, перевіряють цілістність манометрів та термометрів.

Подальша наладка заключається в тому, що апарат підключають до системи трубопроводів, допоміжних засобів та пристроїв, з обов'язковим дотриманням необхідних вимог.

Гідравлічне випробування сорочки і паропроводів проходить під тиском 0,4 МПа.

Після випробування сорочки випробують сам апарат, спочатку холостим ходом, потім під навантаженням. Однак такі випробування

					<i>Вимоги до монтажу, експлуатації та ремонту</i>	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

проводять лише після перевірки привильності монтажу апарату, мішалки, електродвигуна, тощо. Випробування холостим ходом займає 2 години, під навантаженням – 4.

Після усіх перевірок апарат може іти в експлуатацію. Для цього підписується акт здачі в експлуатацію посадовою особою.

## 6.2 Ремонт сусловарильного апарата

Ремонт – це сукупність заходів по відновленню працездатності обладнання до рівня надійної експлуатації.

Перед ремонтними роботами проводиться організаційно-технічна та матеріально-технічна підготовка. Через бюро ППР головний механік підприємства має забезпечити розробку річних та місячних планів профілактичних ремонтів. Кожній машині присвоюється інвентарний номер та заводиться формуляр машини. Головний механік також проводить огляд технічного стану обладнання у виробничих цехах із обов'язковим заповненням персоналом журналу прийому-здачі змін. Проводяться технічні вказіки щодо капітального та середнього ремонтів з комплектами ремонтних креслень у наявності та каталогом деталей. Перевіряються норми витрати запасних деталей та складальних одиниць.

На кожен одиницю обладнання складають свій план ремонту, що базуються на даних обліку роботи, які, у свою чергу, базуються на формулярі машини, структурі і тривалості міжремонтного циклу та часу, що відпрацьовано за період від останнього планового ремонту.

Під час ремонту проводять такі операції: очистка і відмивка обладнання; розбір апарату на вузли та деталі; очищення та мийка вузлів та деталей апарату; сортування деталей за дефектами; ремонт або заміна зношених деталей; балансування; збірка апарату; випробування.

Перед початком ремонтних робіт апарат ретельно вимивають та чистять від залишків продукту, мастила чи інших забруднень. Йорж та щітки використовуються для чистки поверхонь контактуючих з продуктом. Також

					<i>Вимоги до монтажу, експлуатації та ремонту</i>	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

іде помив гарячим розчином кальційованої або каустичної соди. Використовують обробку паром. Для чистки картерів використовують гаряче масло, гас чи гарячу воду.

Перед початком розбору обладнання слід визначити особливості конструкції апарату та визначити порядок розбирання. Також необхідно встановити призначення та характер взаємодії окремих вузлів та деталей. Найперше слід знімати деталі, що заважають подальшому розбиранню та ремонту. Якщо обладнання, що розбирається має складну конструкцію, то слід проводити розбір у наступному порядку: поперше на групи складальних одиниць, ці групи – на окремі одиниці, збірні одиниці – на деталі. Складання обладнання обов'язково проводиться у тій же послідовності, в якій йшло розбирання.

Під час збирання в оберненому до розбирання порядку керуються допусками, що приведені в інструкціях заводу виробника. Також особливу увагу звертають на технічні умови на виготовлення, комплектування та поставку.

Ремонт обладнання проводять у наступній послідовності: визначення основних заходів усунення несправностей; застосування пристроїв, інструментів, матеріалів; здача в експлуатацію після ремонту. Слід розглянути кожен з пунктів детальніше.

Визначення основних заходів усунення несправностей. Існують наступні види несправностей: підтікання у місцях зварювання (зварних швів), місцях, де є вентилі, крани, запірні арматури. Усунення таких неполадок може бути здійснення шляхом заміни ущільнень, відновлення старих, або, у деяких випадках, заміна всього вузла.

Застосування пристроїв, інструментів, матеріалів. За допомоги електрозварювальних пристроїв проводиться електродугове зварювання. Оскільки апарат майже повністю виконаний з нержавіючого матеріалу, то зварювання повинно виконуватися за допомогою електродів постійного

					<i>Вимоги до монтажу, експлуатації та ремонту</i>	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

струму. Також використанню підлягають допоміжні прилади та матеріали, які будуть необхідні для ремонту.

Здача в експлуатацію після ремонту. Апарат здають в експлуатацію після ремонту в два етапи. Комісія в складі механіка цеху, представника ремонтної бригади, що проводила ремонт, наладчика, який обслуговує апарат шляхом огляду та випробування холостою ходою перевіряє якість робіт. Та ж комісія приймає апарат вже після випробувань апарату в умовах виробництва. Акт прийому-здачі оформляється після ремонту і його затверджує головний інженер підприємства.

Експлуатація проходить у наступній послідовності: підготовка апарату до пуску; запуск апарату; управління апаратом; зупинка апарата.

Підготовка апарату до пуску. Перевіряється чистота апарату, вірність зборки, підключення трубопроводів, правильність положення органів регулювання та блокування, щільність з'єднання у місцях розміщення контрольно-вимірювальної арматури, наявність вхідного продукту, його якість, відсутність всередині апарата сторонніх предметів, якість герметизації, тощо.

Запуск апарату. Запуск здійснюють через ввімкнення подачі суслу в апарат.

Управління апаратом. За допомогою показань контрольно-вимірювальних приладів досягається найкращий та найбільш оптимальний режим роботи апарату, для найкращої його продуктивності.

Зупинка апарата. Зупинка роботи апарата здійснюється через спуск суслу із ємності. Далі видаляється білковий осад та апарат миється.

### **6.3 Експлуатація сусліварильного апарата**

Експлуатацію проводять виключно за інструкцією з експлуатації, яка була розроблена споживачем із урахуванням умов роботи апарату.

Апарат підготовляють до пуску виключно за розпорядженням відповідальної особи та тільки після технічного огляду, який включає:

					<i>Вимоги до монтажу, експлуатації та ремонту</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

- Перевірку роботи системи сигналізації;
- Переконавання чи наявні на робочому місці засоби пожежогасіння.
- Перевірка освітленості робочих місць.

Якщо будуть виявлені несправності пуск можна проводити тільки після їх усунення і повторної перевірки надійності апарату.

За технічним регламентом проводять пуск апарату. Якщо апарат встановлено на відкритому майданчику або у неопалюваному приміщенні, то технічний регламент має враховувати усі ці фактори.

Обов'язковою є підтримка заданого технологічного режиму під час роботи обладнання. При цьому робочі параметри не можуть перевищувати параметри передбачені технічною характеристикою апарату і регламентом процесу.

Апарат зупиняють, якщо відбуваються наступні аварійні ситуації:

- Підвищення тиску і температури за межі, які передбачаються технічною характеристикою;
- Виявлення в основних елементах апарата тріщин, пропусків, тощо, течі у фланцевих з'єднаннях, розриву прокладок;
- Виникнення пожежі, біля чи на апараті;
- несправність, або замала кількість деталей кріплення для фланців;
- Несправність запобіжних пристроїв блокування;
- Відсутність проектних контрольно-вимірювальних приладів і засобів автоматизації;
- Виникнення стуку, шуму всередині апарату чи посилення вібрації.

Якщо була виявлена несправність деталей, то необхідно діяти відповідно до регламенту. В ньому передано ведення технологічного процесу, який затвердило керівництво підприємства.

					<i>Вимоги до монтажу, експлуатації та ремонту</i>	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відповідно до вимог інструкції проводиться технічне обслуговування апарату. Також воно проводиться відповідно до техніки безпеки й інших нормативних документів, які діють на данному підприємстві.

Технічне обслуговування проводить обслуговуючий персонал. Ним керує особа, яка відповідальна за стан і безпечну роботу апарату. Така особа призначається наказом. Обслуговуючий персонал веде спостереження за роботою арматур і підтримує апарат у справному стані. Огляд проводиться згідно графіка, який склав завод.

Під час огляду апарату необхідно:

- перевірити герметичність з'єднань;
- стежити за станом зварних швів;
- стежити за станом люка-лазу;
- по мірі нагромадження конденсату видаляти його з апарату;
- очищати запобіжний клапан у зимовий час від снігу, інею й льоду.

Результати огляду й перевірки записуються у змінний журнал.

					<i>Вимоги до монтажу, експлуатації та ремонту</i>	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 7. ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВАЛУ

### 7.1 Розрахунок припусків

Оскільки діаметр деталі 70 мм, а довжина 3500 мм підбирається прокат Ø 75 мм.

Мінімальний припуск для оброблення визначається так:

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

$Rz_{I-1}$ ,  $D_{I-1}$ ,  $Tnp$  - висота мікронерівностей, глибина дефектного шару і значення допуску просторових відхилень поверхні, що оброблюється на попередній стадії її оброблення, відповідно;

$E_{yi}$  - похибка встановлення заготовки.

Максимальний припуск для оброблення:

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

$T_{I-1}$  - допуск розміру, для поверхні, яка знаходиться на попередньому ступені обробки;

$T_i$  - допуск для розміру поверхні на поточному ступені обробки;

Номінальний припуск для обробки поверхонь

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

Для визначення зусиль різання, поки йде оброблення використовуються максимальні припуски. Натомість для визначення сумарного припуску для оброблення поверхонь використовують номінальні.

Найточніший розмір - ø65k6. По ньому виконується визначення загального припуску заготовки із прокату.

На чорнове точіння припуск розраховуємо наступним чином:

$$2Z_{I \min} = 2(Rz_0 + D_0 + Tnp_0 \sqrt{E_0^2})$$

$Rz_0$ ,  $D_0$ ,  $Tnp_0$  - висота мікронерівностей, глибина дефектного шару і

					180237.ДП.45.007.ПЗ		
Змн.	Дрк.	№ док-м.	Підпис	Дата			
Розробив		Ковальов			Технологія виготовлення валу		
Керівник		Бойко					
					Літ.	Дрк.	Дркушів
						1	20
					НУХТ ОХ-4-10ск		
Зав.каф		Гавва					

сумарна просторова похибка відлітої заготовки - відповідно.

Оскільки заготовка входить в діапазон від 4 до 25 кг  $Rz_0=240$  мкм;  
 $D_0=250$  мкм;  $T_{пр0}=1.7$  мм;

$E_{y1}$  - похибка установки перед чорновим точінням.

Під час установлення деталі в патрон з центром  $E_{y1}=100$  мкм

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

Загальний припуск

$$2Z_{\text{сум}} = \sum_1^i 2Zi_{\text{ном}} = 46 + 85,5 + 4380 = 4511,5 \text{ мкм}$$

Приймаємо  $2Z_{\text{сум}}=5$  мм.

## 7.2 Технологічний маршрут виготовлення вал-шестерні

№	Найменування операції, переходу	Технологічне обладнання, інструменти для оброблення і контролю
10	Операція заготівельна. Установити, закріпити, зняти (УЗЗ)	Фрезерно – центрувальний верстат Прокат Ø75. Сталь 12Х18Н10Т <u>ГОСТ 7417-75.</u>
20	Операція фрезерно – центрувальна. Установити, закріпити, зняти (УЗЗ)	Фрезерно – центрувальний верстат 2Г942, лещата
20.1	Торцювати торці заготовки в розмір	Відрізати заготовку Ø75 і $l=3500$ мм. Торцьові Фрези $D=250$ мм, Р6М5. Лімб верстату.
20.2	Центрувати заготовку	Центрувальне свердло Ø4, Р6М5 ШЦ-1-125-0,1

					<i>Технологія виготовлення валу</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

30	Операція токарна Установити, закріпити зняти.(УЗЗ)	Верстат 16К20,поводковий патрон, центра			
30.1	Точити пов.(1) начорно Ø70h7 l=3345 мм	Різець упорний правий Т15К6, В×Н×L=16×25×140мм, α=8°, γ=10°, φ=90° ШЦ1			
30.2	Точити пов.(1) начисто Ø70h7 l=3345 мм	Різець упорний правий Т15К6 В×Н×L=16×25×140мм, α=8°, γ=10°, φ=90° ШЦ1			
30.3	Точити пов.(2) начорно Ø65k6 l=3335 мм	Різець упорний правий Т15К6 В×Н×L=16×25×140мм, α=8°, γ=10°, φ=90° ШЦ1			
30.4	Точити пов.(2)начисто Ø65k6 l=3335 мм	Різець упорний правий Т15К6 В×Н×L=16×25×140мм, α=8°, γ=10°, φ=90° ШЦ1			
30.5	Точити пов.(3) начорно Ø30k6 l=75 мм	Різець упорний правий Т15К6 В×Н×L=16×25×140мм, α=8°, γ=10°, φ=90° ШЦ			
30.6	Точити пов.(3) начисто Ø30k6 l=76 мм	Різець упорний правий Т15К6 В×Н×L=16×25×140мм, α=8°, γ=10°, φ=90° ШЦ			
30.7	Точити	Різець прохідний відігнутий правий ,			
<i>Технологія виготовлення валу</i>					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Арк.
					3

	конусну поверхню пов. (4) по твірній конуса	$\varphi=45^\circ$ , Т15К6 ШЦ-1-125-0,1				
30.8	Точити пов.(5) начорно $\varnothing 25_{к6} l=50$ мм	Різець упорний правий Т15К6 $B \times H \times L=16 \times 25 \times 140$ мм, $\alpha=8^\circ$ , $\gamma=10^\circ$ , $\varphi=90^\circ$ ШЦ				
30.9	Точити пов.(5) начисто $\varnothing 25_{к6} l=50$ мм	Різець упорний правий Т15К6 $B \times H \times L=16 \times 25 \times 140$ мм, $\alpha=8^\circ$ , $\gamma=10^\circ$ , $\varphi=90^\circ$ ШЦ				
30.10	Точити пов.(6) начорно $\varnothing 16_{к6} l=26$ мм	Різець упорний правий Т15К6 $B \times H \times L=16 \times 25 \times 140$ мм, $\alpha=8^\circ$ , $\gamma=10^\circ$ , $\varphi=90^\circ$ ШЦ				
30.11	Точити пов.(6) начисто $\varnothing 16_{к6} l=26$ мм	Різець упорний правий Т15К6 $B \times H \times L=16 \times 25 \times 140$ мм, $\alpha=8^\circ$ , $\gamma=10^\circ$ , $\varphi=90^\circ$ ШЦ				
30.12	Зняти фаску $2,5 \times 45^\circ$ пов.(7)	Різець прохідний відігнутий правий Т15К6, $B \times H \times L=16 \times 25 \times 140$ мм, $\alpha=8^\circ$ , $\gamma=10^\circ$ , $\varphi=45^\circ$ ШЦ1				
30.13	Точити канавку (8) для виходу різця	Різець канавочний Т16К20 $B \times H \times L=16 \times 25 \times 140$ мм, $\alpha=8^\circ$ , $\gamma=10^\circ$ , $\varphi=90^\circ$ ШЦ1				
30.14	Зняти фаску	Різець прохідний відігнутий правий Т15К6, $B \times H \times L=16 \times 25 \times 140$ мм, $\alpha=8^\circ$ , $\gamma=10^\circ$ ,				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Технологія виготовлення валу</i>	Арк.
						4

	1×45° пов.(9)	φ=45° ШЦ1
30.15	Точити різьбу пов.10 М16х2 – 6g	Різець різьбовий, Т15К6. Різьбомір.
40	Операція токарна. Установити, закріпити , зняти. (УЗЗ)	Верстат 16К20, поводковий патрон, центра
40.1	Точити пов.(1) начорно Ø65к6 l=160 мм	Різець упорний правий Т15К6, В×Н×L=16×25×140мм, α=8°, γ=10°, φ=90° ШЦ1
40.2	Точити пов.(1) начисто Ø65к6 l=160 мм	Різець упорний правий Т15К6, В×Н×L=16×25×140мм, α=8°, γ=10°, φ=90° ШЦ1
40.3	Зняти фаску 2,5×45° пов.(2)	Різець прохідний відігнутий правий Т15К6, В×Н×L=16×25×140мм, α=8°, γ=10°, φ=45° ШЦ1
50	Операція фрезерна. Установити, закріпити , зняти. (УЗЗ)	Вертикально-фрезерний верстат, ділильна головка, центра..
50.1	Фрезерувати шпоночний паз l=60 мм	Шпонкова фреза Ø16, Р6М5, ШЦ1-1
60	Операція свердлильна. Установити,	Свердлильний верстат 2А125, кондуктор

										Арк.
										5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Технологія виготовлення валу</i>					

	закріпити , зняти. (УЗЗ)	
60.1	Свердлити 2 отвори Ø6.9, l=20 мм.	Свердло Ø6.9, Р6М5. ШЦ-1-125-0,1
60.2	Зенкувати 2 фаски 2x45°	Зенковка 45°, Р6М5. ШЦ-1-125-0,1
70	Операція мийна	Мийна машина
70.1	Промити деталь	
80	Операція слюсарна	Верстак
80.1	Зняти задирки і притупити гострі кромки	
90	Операція контрольна	Стіл контролера

### 7.3 Розрахунок різання токарних операцій

#### Перехід 30.1. Точити пов. 1 начорно Ø60 l=705 мм

Визначення загальної глибини різання при обробці заданої поверхні

$$t = \frac{75 - 70}{2} = 2.5 \text{ мм.}$$

Для даної операції чорнового оброблення поверхні обираємо глибину різання  $t = 2.2$  мм. у обробку

Подача  $S = 0,6 \dots 1.2$  мм/об. Проводимо звірення з паспортними даними використовуємого верстата і приймаємо  $S = 1$  мм/об.

									Арк.
									6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Технологія виготовлення валу</i>				

Розраховуємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_V}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,45}} = \frac{120}{120^{0,2} \cdot 2,2^{0,15} \cdot 1^{0,45}} = 40,92 \text{ м/хв}$$

Необхідна частота обертів шпинделя:

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 40,92}{3,14 \cdot 75} = 173,758 \text{ об/хв}$$

Обираємо найближчу, але меншу частоту обертів шпинделя  $n_B=160$  об/хв. При даних оборотах дійсна швидкість буде наступною:

$$V_D = \frac{\pi \cdot d \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 75 \cdot 160}{1000} = 37,68 \text{ м/хв}$$

Визначаємо довжину оброблення для переходу:

$$L = l_{ДЕТ} + l_1 + l_2 + l_3 = 3345 + 2 + 1 = 3348 \text{ мм}$$

$$l_{ДЕТ} - \text{довжина деталі } l_{ДЕТ} = 3345 \text{ мм}$$

$$l_1 - \text{підвід інструменту } l_1 = 2 \text{ мм}$$

$$l_2 - \text{врізання інструменту } l_2 = 1$$

$$l_3 - \text{перебіг інструменту } l_3 = 0$$

Розрахунок основного часу для виконання переходу:

$$t_0 = \frac{L}{n_B \cdot S} = \frac{3348}{250 \cdot 1} = 13,392 \text{ хв}$$

### Перехід 30.2 Точити пов. 1 начисто $\varnothing 70$ $l=3345$ мм

Визначення глибини різання під час обробки даної поверхні  $t = 0,25$  мм.

Подача дорівнює  $S=0,18 \dots 0,22$  мм/об. Проводимо звірення із паспортними даними верстата і обираємо  $S=0,2$  мм/об.

Вираховуємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_V}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,2}} = \frac{220}{120^{0,2} \cdot 0,25^{0,15} \cdot 0,2^{0,2}} = 143,45 \text{ м/хв}$$

необхідна частота обертів шпинделя:

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 143,45}{3,14 \cdot 70,25} = 650,316 \text{ об/хв}$$

Обираємо ближчу, але меншу частоту обертів шпинделя і отримуємо  $n_B=630$  об/хв. Дійсна швидкість різання при даних обертах:

					<i>Технологія виготовлення валу</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

$$V_D = \frac{\pi \cdot d \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 70,25 \cdot 630}{1000} = 138,969 \text{ м/хв}$$

Визначаємо розрахункову довжину оброблення для переходу:

$$L = l_{ДЕТ} + l_1 + l_2 + l_3 = 3345 + 2 + 1 = 3348 \text{ мм}$$

$l_{ДЕТ}$  - довжина деталі  $l_{ДЕТ} = 3345$  мм

$l_1$  - підвід інструменту  $l_1 = 2$  мм

$l_2$  - врізання інструменту  $l_2 = 1$

$l_3$  - перебіг інструменту  $l_3 = 0$

Визначаємо сновний час, необхідний для виконання переходу:

$$t_0 = \frac{L}{n \cdot S} = \frac{3348}{630 \cdot 0,2} = 26,571 \text{ хв}$$

Допоміжний час, необхідний на перехід зіставляється із наступних складових:

Час зв'язаний з переходом – 0,36 хв;

Час на поворот різцетримача - 0,05 хв;

Час на включення / вимикання подачі – 0,08 хв;

Час на контрольні виміри – 0,12 хв.

Усього  $t_{доп.2} = 0,61$  хв.

### **Перехід 30.3. Точити пов. 2 начорно $\varnothing 65k6$ $l=3335$ мм**

Визначаємо загальну глибину різання під час обробки даної поверхні:

$$t = \frac{70 - 65}{2} = 2,5 \text{ мм.}$$

Під час чорнового оброблення поверхні приймаємо глибину різання  $t=2,2$  мм. у обробку.

Подача дорівнює  $S=0,6 \dots 1,2$  мм/об. Порівнюємо з паспортними даними верстата і обираємо  $S=1$  мм/об.

Розраховуємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_V}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,45}} = \frac{120}{120^{0,2} \cdot 2,2^{0,15} \cdot 1^{0,45}} = 40,92 \text{ м/хв}$$

					<i>Технологія виготовлення валу</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

необхідна частота обертів шпинделя верстата:

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 40,92}{3,14 \cdot 70} = 186,169 \text{ об/хв}$$

Обираємо найближчу, але меншу частоту обертів шпинделя і отримуємо  $n_B = 160$  об/хв. Дійсна швидкість різання при даних обертах:

$$V_D = \frac{\pi \cdot d \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 70 \cdot 160}{1000} = 35,168 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина оброблення для виконання переходу:

$$L = l_{ДЕТ} + l_1 + l_2 + l_3 = 3335 + 2 + 1 = 3338 \text{ мм}$$

$l_{ДЕТ}$  - довжина деталі  $l_{ДЕТ} = 3335$  мм

$l_1$  - підвід інструменту  $l_1 = 2$  мм

$l_2$  - врізання інструменту  $l_2 = 1$

$l_3$  - перебіг інструменту  $l_3 = 0$

Основний час, необхідний на виконання переходу:

$$t_0 = \frac{L}{n_B \cdot S} = \frac{3338}{160 \cdot 1} = 5,298 \text{ хв}$$

#### **Перехід 30.4 Точити пов. 2 начисто Ø65k6 $l=3335$ мм**

Визначаємо загальну глибину різання під час обробки даної поверхні  $t = 0,25$  мм. Подача дорівнює  $S = 0,18 \dots 0,22$  мм/об. Звіряємо із паспортними даними верстата і обираємо  $S = 0,2$  мм/об.

Розраховуємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_V}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,2}} = \frac{220}{120^{0,2} \cdot 0,25^{0,15} \cdot 0,2^{0,2}} = 143,45 \text{ м/хв}$$

Необхідна частота обертів шпинделя:

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 143,45}{3,14 \cdot 65,25} = 700,149 \text{ об/хв}$$

Обираємо найближчу, але меншу частоту обертів шпинделя  $n_B = 630$  об/хв. Дійсна швидкість різання при даних обертах:

$$V_D = \frac{\pi \cdot d \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 65,25 \cdot 630}{1000} = 129,078 \text{ м/хв}$$

					<i>Технологія виготовлення валу</i>	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо розрахункову довжину оброблення, необхідну для переходу:

$$L = l_{ДЕТ} + l_1 + l_2 + l_3 = 3335 + 2 + 1 = 3338 \text{ мм}$$

$$l_{ДЕТ} - \text{довжина деталі } l_{ДЕТ} = 3335 \text{ мм}$$

$$l_1 - \text{підвід інструменту } l_1 = 2 \text{ мм}$$

$$l_2 - \text{врізання інструменту } l_2 = 1$$

$$l_3 - \text{перебіг інструменту } l_3 = 0$$

Основний час, необхідний на виконання переходу:

$$t_0 = \frac{L}{n \cdot S_A} = \frac{698}{800 \cdot 0,2} = 4,36 \text{ хв}$$

Допоміжний час, необхідний для переходу складається із наступних складових:

Час зв'язаний з переходом – 0,36 хв;

Час на поворот різцетримача - 0,05 хв;

Час на включення / вимикання подачі – 0,08 хв;

Час на контрольні виміри – 0,12 хв.

Усього  $t_{доп.2} = 0,61 \text{ хв.}$

### Перехід 30.5. Точити пов. 3 начорно $\varnothing 30 \text{ к6 } l=76 \text{ мм}$

Визначаємо загальну глибину різання, під час обробки заданої поверхні

$$t = \frac{65 - 30}{2} = 17,5 \text{ мм.}$$

Для чорнового оброблення поверхні обираємо глибину різання  $t = 2.5 \text{ мм.}$  у обробку

Подача дорівнює  $S = 0,6 \dots 1.2 \text{ мм/об.}$  Звіряємо із паспортними даними верстата і обираємо  $S = 1 \text{ мм/об.}$

Розраховуємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_v}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,45}} = \frac{120}{120^{0,2} \cdot 2,5^{0,15} \cdot 1^{0,45}} = 40,15 \text{ м/хв}$$

Необхідна частота обертів шпинделя:

					<i>Технологія виготовлення валу</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

$$n_{\bar{B}} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 40,15}{3,14 \cdot 65} = 196,717 \text{ об/хв}$$

Обираємо найближчу, але меншу частоту обертів шпинделя і отримуємо  $n_{\bar{B}} = 160$  об/хв. Дійсна швидкість різання при таких обертах:

$$V_{\text{Д}} = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{\bar{B}}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 65 \cdot 160}{1000} = 32,656 \text{ м/хв}$$

Визначаємо розрахункову довжину оброблення для переходу:

$$L = l_{\text{ДЕТ}} + l_1 + l_2 + l_3 = 76 + 2 + 1 = 79 \text{ мм}$$

$l_{\text{ДЕТ}}$  - довжина деталі  $l_{\text{ДЕТ}} = 76$  мм

$l_1$  - підвід інструменту  $l_1 = 2$  мм

$l_2$  - врізання інструменту  $l_2 = 1$

$l_3$  - перебіг інструменту  $l_3 = 0$

Час, необхідний для виконання переходу:

$$t_0 = \frac{L}{n_{\bar{B}} \cdot S} = \frac{79}{160 \cdot 1} = 0,494 \text{ хв}$$

Розрахуємо глибину різання для останнього проходу:

$$t_5 = 12 - 2,5 \cdot 4 - 0,25 = 1,75$$

Подача дорівнює  $S = 0,6 \dots 1,2$  мм/об. Звіряємо з паспортними даними верстата і обираємо  $S = 1$  мм/об.

Розраховуємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_v}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,45}} = \frac{120}{120^{0,2} \cdot 1,75^{0,15} \cdot 1^{0,45}} = 42,35 \text{ м/хв}$$

Необхідна частота обертів шпинделя:

$$n_{\bar{B}} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 42,35}{3,14 \cdot 65} = 207,496 \text{ об/хв}$$

Обираємо найближчу, але меншу частоту обертів шпинделя і отримуємо  $n_{\bar{B}} = 200$  об/хв. Дійсна швидкість різання під час таких обертів:

$$V_{\text{Д}} = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{\bar{B}}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 65 \cdot 200}{1000} = 40,82 \text{ м/хв}$$

Визначаємо розрахункову довжину оброблення необхідну для переходу:

					<i>Технологія виготовлення валу</i>	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L = l_{ДЕТ} + l_1 + l_2 + l_3 = 76 + 2 + 1 = 78 \text{ мм}$$

$l_{ДЕТ}$  - довжина деталі  $l_{ДЕТ} = 76$  мм

$l_1$  - підвід інструменту  $l_1 = 2$  мм

$l_2$  - врізання інструменту  $l_2 = 1$

$l_3$  - перебіг інструменту  $l_3 = 0$

Час, необхідний для виконання переходу:

$$t_0 = \frac{L}{n_B \cdot S} = \frac{79}{200 \cdot 1} = 0,395 \text{ хв}$$

Основний час, необхідний для виконання переходу:

$$5 \cdot t_0 = 5 \cdot 0,395 = 1,975 \text{ хв}$$

### Перехід 30.6 Точити пов. 3 начисто $\varnothing 30_{к6}$ $l=75$ мм

Визначаємо загальну глибину різання при обробці заданої поверхні  $t = 0.25$  мм. Подача дорівнює  $S=0,12 \dots 0,14$  мм/об. Звіряємо з паспортними даними верстата і обираємо  $S=0,12$  мм/об.

Розраховуємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_v}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,2}} = \frac{220}{120^{0,2} \cdot 0,25^{0,15} \cdot 0,12^{0,2}} = 158,88 \text{ м/хв}$$

Необхідна частота обертів шпинделя:

$$n_{\bar{A}} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_{\bar{\epsilon}}} = \frac{1000 \cdot 158,88}{3,14 \cdot 30,25} = 1672,69 \text{ об/хв}$$

Обираємо найближчу, але меншу частоту обертів шпинделя і отримуємо  $n_{\bar{A}} = 1600$  об/хв. Дійсна швидкість різання при таких обертах:

$$V_{\bar{A}} = \frac{\pi \cdot d_{\bar{\epsilon}} \cdot n_{\bar{A}}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 30,25 \cdot 1600}{1000} = 151,98 \text{ м/хв}$$

Визначаємо розрахункову довжину оброблення для переходу:

$$L = l_{ДЕТ} + l_1 + l_2 + l_3 = 76 + 2 + 1 = 79 \text{ мм}$$

$l_{ДЕТ}$  - довжина деталі  $l_{ДЕТ} = 76$  мм

$l_1$  - підвід інструменту  $l_1 = 2$  мм

$l_2$  - врізання інструменту  $l_2 = 1$

$l_3$  - перебіг інструменту  $l_3 = 0$

					<i>Технологія виготовлення валу</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Основний час, необхідний для виконання переходу:

$$t_0 = \frac{L}{n_B \cdot S} = \frac{79}{1600 \cdot 0,12} = 0,411 \text{ хв}$$

Допоміжний час, необхідний для переходу складається із наступних складових:

Час зв'язаний з переходом – 0,36 хв;

Час на поворот різцетримача - 0,05 хв;

Час на включення / вимикання подачі – 0,08 хв;

Час на контрольні виміри – 0,12 хв.

Усього  $t_{\text{доп.2}} = 0,61$  хв.

### Перехід 30.7. Точити пов. 4 по конусній твірній

Визначаємо загальну глибину різання при обробці заданої поверхні:

$$t = \frac{65 - 30}{2} = 17,5 \text{ мм.}$$

Для чорнового оброблення поверхні обираємо глибину різання  $t = 2,2$  мм. у обробку

Подача дорівнює  $S = 0,6 \dots 1,2$  мм/об. Звіряємо з паспортними даними верстата і обираємо  $S = 1$  мм/об.

Розраховуємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_V}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,45}} = \frac{120}{120^{0,2} \cdot 2,2^{0,15} \cdot 1^{0,45}} = 40,92 \text{ м/хв}$$

Необхідна частота обертів шпинделя:

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_3} = \frac{1000 \cdot 40,92}{3,14 \cdot 65} = 200,49 \text{ об/хв}$$

Приймаємо найближчу, але меншу частоту обертів шпинделя і отримуємо  $n_B = 200$  об/хв. Дійсна швидкість різання при даних обертах:

$$V_D = \frac{\pi \cdot d \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 65 \cdot 200}{1000} = 40,82 \text{ м/хв}$$

Визначаємо розрахункову довжину оброблення для переходу:

$$L = l_{\text{ДЕТ}} + l_1 + l_2 + l_3 = 3335 + 2 + 1 = 3338 \text{ мм}$$

$l_{\text{ДЕТ}}$  - довжина деталі  $l_{\text{ДЕТ}} = 3335$  мм

					<i>Технологія виготовлення валу</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

$l_1$  - підвід інструменту  $l_1 = 2$  мм

$l_2$  - врізання інструменту  $l_2 = 1$

$l_3$  - перебіг інструменту  $l_3 = 0$

Основний час, необхідний для виконання переходу:

$$t_0 = \frac{L}{n \cdot S} = \frac{3338}{200 \cdot 1} = 16,69 \text{ хв}$$

### Перехід 30.8. Точити пов. 5 начорно $\varnothing 25 \times l=50$

Визначаємо загальну глибину різання необхідну для обробки заданої поверхні  $t = \frac{30 - 25}{2} = 2,5$  мм.

Для чорнового оброблення поверхні обираємо глибину різання  $t = 2,2$  мм. у обробку

Подача дорівнює  $S = 0,6 \dots 1,2$  мм/об. Звіряємо з паспортними даними верстата і обираємо  $S = 1$  мм/об.

Вираховуємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_v}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,45}} = \frac{120}{120^{0,2} \cdot 2,2^{0,15} \cdot 1^{0,45}} = 40,92 \text{ м/хв}$$

Необхідна частота обертів шпинделя:

$$n_{\hat{A}} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_{\hat{\varphi}}} = \frac{1000 \cdot 40,92}{3,14 \cdot 30} = 434,39 \text{ об/хв}$$

Обираємо найближчу, але меншу частоту обертів шпинделя і отримуємо  $n_{\hat{A}} = 400$  об/хв. Дійсна швидкість різання при таких обертах:

$$V_{\hat{A}} = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{\hat{A}}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 30 \cdot 400}{1000} = 37,68 \text{ м/хв}$$

Визначаємо розрахункову довжину оброблення, необхідну для переходу:

$$L = l_{\hat{A}\hat{\Delta}} + l_1 + l_2 + l_3 = 50 + 2 + 1 = 53 \text{ мм}$$

$l_{\text{ДЕТ}}$  - довжина деталі  $l_{\text{ДЕТ}} = 53$  мм

$l_1$  - підвід інструменту  $l_1 = 2$  мм

$l_2$  - врізання інструменту  $l_2 = 1$

$l_3$  - перебіг інструменту  $l_3 = 0$

					<i>Технологія виготовлення валу</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Основний час, необхідний для виконання переходу:

$$t_0 = \frac{L}{n_A \cdot S} = \frac{53}{400 \cdot 1} = 0,1325 \text{ хв}$$

### Перехід 30.9 Точити пов. 5 начисто Ø25к6 l=50

Визначаємо загальну глибину різання при обробці заданої поверхні  $t = 0,25$  мм. Подача дорівнює  $S=0,12 \dots 0,14$  мм/об. Звіряємо з паспортними даними верстата і обираємо  $S=0,12$  мм/об.

Підраховуємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_V}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,2}} = \frac{220}{120^{0,2} \cdot 0,25^{0,15} \cdot 0,12^{0,2}} = 158,88 \text{ м/хв}$$

Необхідна частота обертів шпинделя:

$$n_A = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_\xi} = \frac{1000 \cdot 158,88}{3,14 \cdot 25,25} = 2003,9 \text{ об/хв}$$

Приймаємо найближчу, але меншу частоту обертів шпинделя верстата  $n_v=1600$  об/хв. Дійсна швидкість різання, необхідна при таких обертах:

$$V_A = \frac{\pi \cdot d \cdot n_A}{1000} = \frac{3,14 \cdot 25,25 \cdot 1600}{1000} = 126,86 \text{ м/хв}$$

Визначаємо розрахункову довжину необхідну для оброблення для переходу:

$$L = l_{AAO} + l_1 + l_2 + l_3 = 50 + 2 + 1 = 53 \text{ мм}$$

$l_{DET}$  - довжина деталі  $l_{DET}=50$  мм

$l_1$  - підвід інструменту  $l_1 = 2$  мм

$l_2$  - врізання інструменту  $l_2 = 1$

$l_3$  - перебіг інструменту  $l_3=0$

Визначаємо основний час, необхідний для виконання переходу:

$$t_0 = \frac{L}{n_A \cdot S} = \frac{53}{1600 \cdot 0,12} = 0,28 \text{ хв}$$

Допоміжний час, необхідний для переходу складається зі складових:

Час зв'язаний з переходом – 0,36 хв;

					<i>Технологія виготовлення валу</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Час на поворот різцетримача - 0,05 хв;

Час на включення / вимикання подачі – 0,08 хв;

Час на контрольні виміри – 0,12 хв.

Усього  $t_{\text{доп.2}} = 0,61$  хв.

### Перехід 30.10. Точити пов. 6 начорно $\varnothing 16$ к6 $l=26$ мм

Визначаємо глибину різання при обробці заданої поверхні

$$t = \frac{25 - 16}{2} = 4,5 \text{ мм.}$$

Для чорнового оброблення поверхні обираємо глибину різання  $t=3,7$ мм.

Подача дорівнює  $S=0,6 \dots 1,2$  мм/об. Звіряємо з паспортними даними верстата і обираємо  $S=1$  мм/об.

Вираховуємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_v}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,45}} = \frac{120}{120^{0,2} \cdot 3,7^{0,15} \cdot 1^{0,45}} = 37,85 \text{ м/хв}$$

Необхідна частота обертів шпинделя:

$$n_{\bar{A}} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_{\bar{A}}} = \frac{1000 \cdot 37,85}{3,14 \cdot 25} = 482,17 \text{ об/хв}$$

Обираємо найближчу, але меншу частоту обертів шпинделя і отримуємо  $n_{\bar{B}}=400$  об/хв. Дійсна швидкість різання при таких обертах:

$$V_{\bar{A}} = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{\bar{A}}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 25 \cdot 400}{1000} = 31,4 \text{ м/хв}$$

Визначаємо розрахункову довжину необхідну для оброблення переходу:

$$L = l_{\bar{A}\bar{A}\bar{O}} + l_1 + l_2 + l_3 = 26 + 2 + 1 = 29 \text{ мм}$$

$$l_{\text{ДЕТ}} - \text{довжина деталі } l_{\text{ДЕТ}} = 26 \text{ мм}$$

$$l_1 - \text{підвід інструменту } l_1 = 2 \text{ мм}$$

$$l_2 - \text{врізання інструменту } l_2 = 1$$

$$l_3 - \text{перебіг інструменту } l_3 = 0$$

Основний час, який потрібен для виконання переходу:

					<i>Технологія виготовлення валу</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

$$t_0 = \frac{L}{n_A \cdot S} = \frac{29}{400 \cdot 1} = 0,07 \text{ хв}$$

### Перехід 30.11 Точити пов. 6 начисто Ø25к6 l=50

Визначаємо загальну глибину різання при обробці заданої поверхні  $t = 0.25$  мм. Подача дорівнює  $S=0,12 \dots 0,14$  мм/об. Звіряємо з паспортними даними верстата і обираємо  $S=0,12$  мм/об.

Розраховуємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_V}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,2}} = \frac{220}{120^{0,2} \cdot 0,25^{0,15} \cdot 0,12^{0,2}} = 158,88 \text{ м/хв}$$

Необхідна частота обертів шпинделя:

$$n_A = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 158,88}{3,14 \cdot 25,25} = 2003,9 \text{ об/хв}$$

Обираємо найближчу, але меншу частоту обертів шпинделя  $n_B=1600$  об/хв. Дійсна швидкість різання при таких обертах:

$$V_A = \frac{\pi \cdot d \cdot n_A}{1000} = \frac{3,14 \cdot 25,25 \cdot 1600}{1000} = 126,86 \text{ м/хв}$$

Визначаємо розрахункову довжину оброблення, необхідну для переходу:

$$L = l_{AAO} + l_1 + l_2 + l_3 = 50 + 2 + 1 = 53 \text{ мм}$$

$l_{DET}$  - довжина деталі  $l_{DET}=50$  мм

$l_1$  - підвід інструменту  $l_1 = 2$  мм

$l_2$  - врізання інструменту  $l_2 = 1$

$l_3$  - перебіг інструменту  $l_3=0$

Розраховуємо основний час, необхідний на виконання переходу:

$$t_0 = \frac{L}{n_A \cdot S} = \frac{53}{1600 \cdot 0,12} = 0,28 \text{ хв}$$

Допоміжний час, необхідний для переходу складається із наступних складових:

Час зв'язаний з переходом – 0,36 хв;

Час на поворот різцетримача - 0,05 хв;

Час на включення / вимикання подачі – 0,08 хв;

					<i>Технологія виготовлення валу</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Час на контрольні виміри – 0,12 хв.

Усього  $t_{\text{доп.2}} = 0,61$  хв.

### Перехід 30.12 зняти фаску $2,5 \times 45^\circ$ поверхні 7

Шпиндель обертається з такою ж частотою, як і при зовнішньому точінні. Це робиться для економії часу на перемиканнях швидкостей. Час, який використано для зняття фасок та точіння галтелей визначається як основний час  $t_{05} = 0,18$  хв.

### Перехід 30.13 точити канавку $\varnothing 16$ $l=5$ мм. пов. 8

Обираємо глибину різання 1.5 мм.

Подача  $S=0,4 \dots 0,5$  мм/об. Звіряємо з даними по паспорту верстата і обираємо  $S=0,5$  мм/об.

Рохраховуємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_V}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,4}} = \frac{120}{120^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,5^{0,45}} = 59,2 \text{ м/хв}$$

Необхідна частота обертів шпинделя:

$$n_{\bar{A}} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_{\bar{A}}} = \frac{1000 \cdot 59,2}{3,14 \cdot 16} = 1178,34 \text{ об/хв}$$

Обираємо найбільшу, але ближчу частоту обертів шпинделя  $n_{\bar{A}}=1000$  об/хв. Дійсна швидкість різання при таких обертах:

$$V_{\bar{A}} = \frac{\pi \cdot d_{\bar{A}} \cdot n_{\bar{A}}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 16 \cdot 1000}{1000} = 50,24 \text{ м/хв}$$

Визначаємо розрахункову довжину необхідну для оброблення переходу:

$$L = l_{\bar{A}\bar{A}\bar{O}} + l_1 + l_2 + l_3 = 5 + 2 + 1 = 8 \text{ мм}$$

$l_{\text{дет}}$  - довжина деталі

$l_1$  - підвід інструменту  $l_1 = 2$  мм

$l_2$  - врізання інструменту  $l_2 = 1$  мм

$l_3$  - перебіг інструменту

Основний час, необхідний для виконання переходу:

$$t_0 = \frac{L}{n \cdot S_{\bar{A}}} = \frac{8}{1000 \cdot 0,5} = 0,016 \text{ хв}$$

					<i>Технологія виготовлення валу</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Допоміжний час, необхідний для виконання переходу:

$$t_d = t_1 + t_2 + t_3 = 0,11 + 0,12 + 0,5 = 0,73 \text{ хв}$$

### Перехід 30.14 зняти фаску $1 \times 45^\circ$ поверхні 9

Шпиндель бертається з такою ж частотою, як і при зовнішньому точінні. Це робиться для економії часу на перемиканнях швидкостей. Час, який використано для зняття фасок та точіння галтелей визначається як основний час  $t_{05} = 0,18 \text{ хв}$ .

### Перехід 30.15 нарізати різьбу пов. 10 M16-6g, l=26мм

Обираємо різець і визначаємо його геометричні параметри.

Для обробки приймаємо токарний різьбовий різець із пластиною із твердого сплаву T15K6, з геометричними розмірами ріжучої частини:  $\varphi = 60^\circ$ ;  $\alpha = 3^\circ$ ; розміри -В х Н х L = 16 х 25 х 140 мм.

Визначаємо загальну глибину різання, необхідну для обробки заданої поверхні:

$$t = 2 \text{ мм} .$$

де  $t$  - глибина різання, мм;  $D_{заг}$  - діаметр заготовки, мм;  $d$  - діаметр обробленої поверхні, мм.

Обираємо подачу. Беремо значення  $S_g = 0,8 \text{ мм/об}$ .

Підраховуємо розрахункову швидкість різання за емпіричною формулою:

$$V = \frac{120}{120^{0,2} 2^{0,15} 0,8^{0,35}} = 36,4 \text{ м/хв.}$$

підраховуємо розрахункову частоту обертання шпиндел:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi D_{заг}} = \frac{1000 \cdot 36,4}{3,14 \cdot 16} = 724,5 \text{ об/хв.}$$

де  $D_{заг}$  – діаметр заготовки, мм;

Із числа обертів шпинделя обираємо найближче, але менше значення  $n_g = 630 \text{ об/хв}$

За допомогою прийнятого значення  $n_g$  вираховуємо фактичну швидкість різання:

					<i>Технологія виготовлення валу</i>	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_{\dot{a}} = \frac{\pi \cdot D_{\dot{a}} \cdot n_{\dot{a}}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 16 \cdot 630}{1000} = 31,65 \text{ м/хв.}$$

Виразуємо розрахункову довжину обробки:

$$L_p = L_0 + L_1 + L_2 + L_3 = 26 + 2 = 28 \text{ мм};$$

де  $L_0 = 26 \text{ мм}$  – довжина поверхні, що оброблюється;  $L_1 = 2 \text{ мм}$  – відстань необхідна для підводу різця до заготовки при робочій подачі;  $L_2 = 0$ ;  $L_3 = 0$  – величина перебігу різця для завершення обробки поверхні.

Основний час, необхідний для виконання переходу:

$$t_{06} = \frac{L_p}{n_{\dot{a}} S_{\dot{a}}} = \frac{28}{630 \cdot 0,8} = 0,056 \text{ хв.}$$

Допоміжний час, необхідний для переходу складається зі складових:

Час зв'язаний з переходом – 0,36 хв;

Час на поворот різцетримача - 0,05 хв;

Час на включення / вимикання подачі – 0,08 хв;

Час на контрольні виміри – 0,12 хв.

Усього  $t_{\text{доп.}} = 0,61 \text{ хв.}$

					<i>Технологія виготовлення валу</i>	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 8.СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ

У відділенні для кип'ятіння пивного суслу виготовляється сам продукт. А після цього сусло іде на бродіння і доброжування. Автоматичний контроль і регуляція маси задовольняється системою автоматизації варильного відділення. Вона керує температурою, витратою води, відкриттям клапанів (у відсотках).

Автоматизація виробничого процесу та його схема.

Дистанційна пневмопередача ТПГУ-4 (по місцю) керує температурою гарячої води.

Після цього сигнал іде до вторинного пневмоприладу із вбудованою станцією управління (ПВ 10.1Є). Також сигнал іде на регулятор системи (ПР3.31) та мембранні клапанні пневмоприводи (НВ/НЗ).

Нижній рівень та верхній рівень регулюються та контролюються сигналізатором рівня з двома датчиками (ЕСУ-2М). В цьому їм содіє регулюючий вентиль, який становлений на трубопровід подач води.

Далі іде трубопровід і змішуач у які іде вода. Температура регулюється аналогічно збірнику гарячої води.

Вода після змішувача іде у заторний апарат (5). Там її температура регулюється за допомогою мірного термометру опору (ТСМ-5071)(4).

Після цього сигнал іде до одноточкового густиноміра (П-64)(7).

Температура в апараті регулюється автоматично. Це досягається манометричним термометром з дистанційною пневмопередачею (ТПР2-4)(6). Він знімає покази, сигнали яких ідуть на вторинний показуючий пневмоприлад, в який вбудовано станцію керування. Далі сигнал переходить до пневморегулятора системи. Він діє на виконавчий механізм, який, у свою чергу, регулює положення мембранного

					<i>180237.ДП.45.008.ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Док.</i>	<i>№ док.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розробив</i>		<i>Ковальов</i>			<i>Літ.</i>	<i>Док.</i>	<i>Архив</i>
<i>Керівник</i>		<i>Чудов</i>				1	3
					<i>Система управління</i>		
					<i>НУХТ</i>		
<i>Зав.каф</i>		<i>Гавва</i>			<i>ОХ-4-10ск</i>		

пневмоклапана (НВ/НЗ)(8).

У апараті фільтрації регулювання температури проходить аналогічно заторному.

Натомість у заторному апараті, а також суслварильному стоїть котроль концентрації сухих речоин і рН.

Сухі речовини контролюються за допомогою датчика густини пневматичним переторювачем ДПП-1(2). Після цього сигнал іде до клапана із мембранним пневматичним приводом НВ/НЗ.

Комплект автоматичних рН-метрів рН-261(9) контролює рівень рН. Там задіяні електричний пневпереторювач ЕПП-63(3), а також вторинний самописний прилад ПВ4.

Електроконтактні манометри ЕКМ-14 контролюють паровий тиск. Вони мають дві сигнальні лампочки. Перша (НЛ2) для випадків при тиску нижче норми, друга (НЛ3) для випадків при тиску вище норми.

Мішалка керується за допомогою кнопки управління. Кнопка пов'язана безпосередньо із електродвигунами.

Контроль над витратами сусла, що іде у апарат фільтрації, а також витрата готового сусла, що іде далі, здійснюється за допомогою камерної діафрагми (ДК-6)(1). Вона становлюється у трубопроводі. Також контроль проводить дифнамометр із дифтрансформаторною передачею ДМ4-3(1) та вторинним приладом вимірювання РП-110.

					<i>Система управління</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

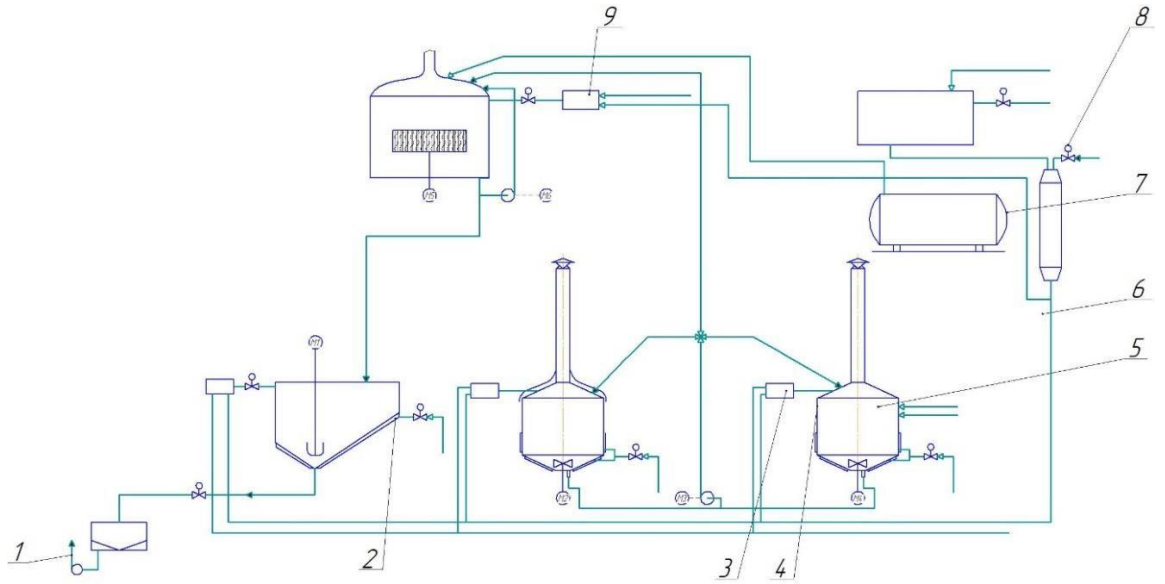


Рис.8.1 Позначення найважливіших вузлів автоматизації.

					<i>Система управління</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

## 9. ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ МОНТАЖУ, ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА РЕМОНТІ ОБЛАДНАННЯ

Виробничі приміщення мають бути не менше 15 куб. на одного працівника. Це прописано в вимогах до улаштування виробничих споруд СНиП 2.09.02-85, 2.09.04-87 та 2.09.03-85. Також площа приміщень не має бути меншою ніж 4 м<sup>2</sup>. СНиП II-89-90 контролює відстань між будівлями при спорудженні підприємств, а СНиП 245-71 – санітарні норми. Споруди, що вже побудували мають водитися експлуатацію згідно з ДБН А.3.1-3-94 [26].

Усі внутрішні будівельні споруди та конструкції, а також виробничі приміщення повинні мати рівні поверхні. Це необхідно для легкого вологого очищення, безпиллового прибирання, тощо. При необхідності використовують теплоізоляцію, яка запобігає конденсації вологи на стінах.

СН 181-70 контролює колірне оброблення поверхонь у виробничих приміщеннях.

По розряду зорових робіт визначають необхідну освітленість у виробничих, побутових та адміністративних приміщеннях. Також впровадують коефіцієнт природного освітлення (КПО).

Світильники отримують живлення, при чому не вище 380 В струм має бути змінним при заземленій нейтралі, і не вище 220 В змінним і при ізольованій нейтралі.

Слід зазначити, що необхідно використовувати напругу для стаціонарних сітільників не вище 220 В у приміщеннях без підвищеної небезпеки.

Світильники на напругу 127-220 В (люмінесцентні лампи) можуть бути встановлені тільки не менше ніж 2.5 метри над підлогою. Для місцевого освітлення вони дозволяються тільки у випадку виключення контакту з струмоведучими частинами дотиком.

					<i>180237.ДП.45.009.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Дрк.</i>	<i>№ док-м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>	<i>Ковальов</i>				<i>Заходи з охорони праці при монтажу, експлуатації та ремонті обладнання</i>	<i>Літ.</i>	<i>Дрк.</i>	<i>Архивів</i>
<i>Керівник</i>	<i>Чудов</i>						1	4
					<i>НУХТ ОХ-4-10ск</i>			
<i>Зав.каф</i>	<i>Гавва</i>							

Усі споруди забезпечуються вентиляцією, опаленням та кондиціонуванням. Особливої уваги це стосується робочих місць та робочих зон, які використовуються під час проведення ремонтних або допоміжних робіт. Метеорологічні умови (температура, відносна вологість і швидкість руху повітря) забезпечуються у всіх частинах приміщень, а також контролюється концентрація шідлиих речовин у повітрі.

Питна вода ГОСТ 2874-82 використовується для камер зрошування, золвоження і дозволоження. Ці камери необхідня для обробки приливного рециркуляційного повітря.

Необхідно фільтрувати воду, що проходить через камери зрошування. Якщо передбачені високі санітарні вимоги – забезпечити бактерицидним очищенням.

Вода технічної якості поступає в системи з вологими пилоловлювачами (не розпосюджується на рециркуляційні системи).

По СНиП 3.05.05-84 та СНиП III-4-80 проводяться монтажні роботи з установки технологічного обладнання та роботи по ремонту.

Роботи по ремонту та монтажу мають виконуватися відпоізно із ПВР (проект виконання робіт), який затерджує власник підприємства.

При використанні засобів підняття вантажу для монтажних робіт, транспортуання, зберіганя та ремонту мають бути чітко обозначені спеціальні місця для приєднання вантажопідйомних засобів та маса, що буде підійматися.

Якщо частини устаткування мають вагу понад 16 кг, то вони транспортуються до робочого місця на вантажопідйомних засобах.

Обов'язково позначення мість приєднання вантажопідйомних засобів робиться таким чином, щоб виключити пошкодження цих самих засобів при підйманні та пересуванні.

Якщо деяке обладнання, або устаткування, що призначене для знімання або встановлення деталей, їх монтажу, тощо, не може бути підняте, або змонтоване за допомогою вантажопідйомних пристрої, то воно має бути

					<i>Заходи з охорони праці при монтажу, експлуатації та ремонті обладнання</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		2

укомплектоване спецпристроями (індивідуальними). Обов'язково мати документацію якій зазначено правила монтажу та експлуатації цього обладнання.

На підприємстві пожежна безпека регулюється Законом України про пожежну безпеку, Правилами пожежної безпеки в Україні та вимогами нормативних актів.

Пожежна безпека є важливою складовою діяльності посадових осіб та підприємців. У статутах підприємства обов'язково відображаються відповідні трудові договори.

Пожежну безпеку необхідно покладати на керівників підприємства. Це мають бути особи уповноважені для відповідальності за безпеку будівель, дільниць, споруд. Технологічне та інженерне обладнання також входить у їх сферу відповідальності. Пожежну безпеку, та регулювання діяльності вповноважених осіб обов'язково зазначають у функціональних обов'язках, положеннях та інструкціях.

Пожежне обладнання обов'язково повинно мати водопровідну систему забезпечену потрібним напором. Також має пропускати розраховану для пожежогасіння кількість води. У випадках, коли напір води є недостатнім – становлюються насоси підвищувачі.

Пожежну охорону в обов'язкоому порядку повідомляють, про тимчасове відключення від водопостачання мережі пожежогасіння (гідранти, крани, тощо). Попередженню також підлягає зменшення напору.

Якщо біля підприємства присутні водойми, озера, річки, водосховища, то вони мають бути обладнані пірсами та під'їзами. Це необхідно для швидкого та безпечного, забору води у разі потреби у будь-яку пору року.

Справний стан насосних установок, мережі, гідрантів, тощо, забезпечується постійним наглядом та приведенням у потрібний стан, у разі потреби чи неполадок.

Обов'язково виконувати своєчасну заміну води в резервуарах. Для кожного типу приміщень є свій стандарт(термін) безпечного зберігання води.

					<i>Заходи з охорони праці при монтажу, експлуатації та ремонті обладнання</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		3

Після цього терміну рідина підлягає заміні.

- 24 години для приміщень категорій А, Б, В на підприємствах;
- 36 годин для приміщень категорій Г, Д на підприємствах;
- 72 години для підприємств сільськогосподарського сектору.

					<i>Заходи з охорони праці при монтажу, експлуатації та ремонті обладнання</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

## 10. ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ

Харчова промисловість потребує великої кількості природних, сировинних та водних ресурсів. По цьому критерію її відносять до матеріалоємних галузей.

Утворення стічних вод, твердих відходів, іншого забруднення завжди притаманне харчовій промисловості. Вона займає 14 місце за рівнем забруднення серед інших галузей. Підприємства харчового сектору викидають до 10% усіх стічних вод.

Слід розглянути пивоварну галузь більш детально.

Як і будь-яке промислове підприємства пивоварні підприємства пов'язані із застосуванням різного устаткування того, що забезпечує виробничий процес. Приготування пива - один з найскладніших технологічних процесів в харчовій промисловості. Основні важливі етапи класичної технології пивоваріння, яку використовують більшість сучасних заводів:

- приготування пивного сусла;
- зброджування пивного сусла дріжджами;
- доброджування і дозрівання пива;
- розлив.

По дії на довкілля технологій пивоваріння, що виникає на етапі експлуатації пивоварних підприємств, в першу чергу відносяться:

- споживання енергії;
- споживання води;
- скидання стічних вод;
- утворення відходів виробництва і побічних продуктів;
- викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря.

Для технологічних процесів пивоварного виробництва характерне

					<i>180237.ДП.45.010.ПЗ</i>		
<i>Змін.</i>	<i>Док.</i>	<i>№ док.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розробив</i>		<i>Ковальов</i>				<i>Літ.</i>	<i>Док.</i>
<i>Керівник</i>		<i>Чудов</i>					<i>Док.</i>
							1
							4
					<i>Охорона довкілля</i>		
<i>Зав.каф</i>		<i>Гавва</i>			<i>НУХТ</i>		
					<i>ОХ-4-10ск</i>		

досить інтенсивне споживання як електричної, так і теплової енергії. Теплова енергія споживається у бойлерах для виробництва пари, яка використовується головним чином для варіння сусла і нагрівання води у варильному цеху і в цеху розлива в пляшки. Великим споживачем електричної енергії, як правило, є технологічна система охолодження, проте істотна доля споживання електроенергії може відходити на варильний і розливний цехи, а також на установку для очищення стічних вод.

Для пивоваріння характерні високі об'єми споживання високоякісної води. Пиво більш ніж на 90% складається з води, і економічний пивоварний завод витрачає для виробництва 1 літра (л) пива 4-7 л води.

Багато пивоварних заводів можуть добитися істотної економії споживаних природних ресурсів, наслідуючи приведені нижче технологічні інструкції:

- використати тепло, що відходить, утворюється при охолодженні сусла, для попереднього підігрівання води, вживаної для затирання наступної порції солоду;

- використати систему рекуперації тепла для конденсації пари, що поступає з ємності з сусликом. Рекупероване тепло можна використати у вигляді гарячої води для різних цілей, наприклад як поживну воду котла в цеху розлива в пляшки або для попереднього підігрівання технологічної води;

- контролювати і оптимізувати випарювання в процесі кип'ячення сусла;

- забезпечити якісну ізоляцію трубопроводів, місткостей, клапанів і патрубків в системах циркуляції пари, гарячої води і холодагенту, суслотварильних котлів і їх елементів, тунельних пастеризаторів і бутылкомоечных машин;

- обмежувати використання води для охолодження сусла об'ємом, необхідним для затирання, який, як правило, в 1,1 разу перевищує об'єм сусла;

					<i>Охорона довкілля</i>	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- збирати слабке сусло в резервуар з нагрівальною сорочкою і низькошвидкісною мішалкою з метою його використання при виробництві наступної партії пива. Це дозволяє понизити вступ органічних забрудників в стічні води, заощадити сировину і воду. Збір слабого сусла особливо важливий для високощільного пивоваріння;

- не допускати переповнювання ферментативних чанів, яке призводить до втрати сусла, що частково заграло, і дріжджів;

У число методів очищення технологічних стічних вод, що утворюються на підприємствах галузі, входять:

- усереднювання витрат і навантажень,
- стабілізація показника рН,
- зменшення кількості зважених твердих часток шляхом осадження за допомогою кларификаторов (апаратів для освітлення)
- біологічна обробка.

В цілях скорочення об'ємів відходів виробництва і розширення реалізації побічних продуктів, що утворюються, рекомендується розробляти і впроваджувати витягання сусла з гарячого осаду.

Якість пива, отриманого до і після цього процесу, є високою, і таке пиво можна додавати безпосередньо в готовий продукт на фільтраційній лінії. Інше залишкове пиво, що утворюється в цеху розлива, слід повертати в гідроциклон.

- За наявності технічної і економічної можливості слід отримувати комерційну вигоду з відходів, що утворюються, шляхом:

- збору пивної дробини, що залишилася при затиранні, для її реалізації в якості побічного продукту на корм худобі;

- недопущення скидання гарячого осаду в каналізацію. Гарячий осад слід повертати в заторний котел або фільтраційний чан і фільтр для відділення затору. Потім такий осад віддаляється разом з пивною дробиною і у такому вигляді може бути використаний на корм худобі;

					<i>Охорона довкілля</i>	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- збору і повторного використання дріжджів, що утворюються в якості побічного продукту в процесі бродіння. Дріжджі можна збирати у ферментативних чанах, танках, установках для зберігання дріжджів і фільтраційних установках.

- використання осаду, що утворюється на установці для очищення стічних вод пивоварного заводу, в якості сільськогосподарського добрива, або його видалення на відповідний полігон для поховання відходів.

					<i>Охорона довкілля</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

## ВИСНОВКИ

В процесі виконання дипломного проекту проведений огляд стану пивоварної галузі харчової промисловості України на сьогодні; проведений аналіз технологій та конструкцій аналогів обладнання для сушваріння, що дало змогу визначитись з напрямком подальшої розробки, що буде найбільш доцільною. Розробка полягає в створенні апарату з новим типом перкалятора, що дасть змогу не використовувати систему рециркуляції, за рахунок зміни його конструкції, та способу циркуляції що не впливатиме негативно на якість кінцевого продукту. В такому випадку, циркуляція сула в апараті буде проходити виключно під дією природної термічної рециркуляції.

Технічний результат полягає в зменшенні затрат енергії на проведення процесу, а також в збереженні необхідної циркуляції сула в апараті, що дозволяє знехтувати наявною до цього системою рециркуляції: насоса, частотного регулятора та додаткових комунікацій, запірної та регулюючої арматури, що суттєво зменшує коштовність обладнання, що в свою чергу зменшує собівартість готового пива.

Витрати граючої пари досліджені шляхом математичного моделювання кип'ятіння пивного сула, та порівняні з результатами, отриманими практичним шляхом.

Проведено основні розрахунки сушварильного апарату, такі як: матеріальний та теплові баланси, конструкційний розрахунок, енергетичний розрахунок.

Монтаж, експлуатація та ремонт апарату висвітлені в записці, поряд з цим, розглянуто питання з охорони праці та охорона довкілля.

					<i>180237.ДП.45.000.ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разрабцв</i>	<i>Ковальов</i>				<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Архшів</i>
<i>Керівник</i>	<i>Чудов</i>					1	1
					<i>Висновок</i>		
					<i>НУХТ</i>		
<i>Зав.каф</i>	<i>Гавва</i>				<i>ОХ-4-10ск</i>		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Генкин А.Э. Оборудование заводов: учеб. пособие [для техн.]/ А. Э. Генкин. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1986.
2. Лацинский А. А. Конструирование сварных аппаратов: справочник/ А. А. Лацинский. – Л.: Машиностроение, 1981.
3. Кунце В. Технология солода и пива. — 9-е изд. — СПб: Профессия, 2009.
4. Антипов С. Т., Кретов И. Т., Остриков А. Н. и др. Машины и аппараты пищевых производств. – М. : Высш. шк., 2001. – Кн. 2.
5. Ермолаева Г. А., Колчева Р. А. Технология и оборудование производства пива и безалкогольных напитков. М.:ИРПО; Изд. Центр «Академия», 2000.
6. Кавецкий Г. Д., Васильев Б. В. Процессы и аппараты пищевой технологии. – М. : КолосС, 2000.
7. Кретов И. Т., Антипов С. Т., Шахов С. В. Инженерные расчёты технологического оборудования предприятий броидильной промышленности. – М. : Колос, 2004.
8. Павлов К. Ф., Романков П. Г., Носков А. А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. – М.: «Альянс»,2006.
9. Ульянов Б. А., Бадеников В. Я., Ликучёв В. Г. Процессы и аппараты химической технологии. Уч. пособие Ангарск: Изд. Ангарской государственной технической академии, 2005 г.
10. С. В. Харламов «Практикум по расчету и конструированию машин и аппаратов» , 1991
11. А.Н. Остриков, О.В. Абрамов «Расчет и конструирование машин и аппаратов пищевых производств» Учебник для вузов. – СПб.: ГИОРД, 2004.

					<i>180237.ДП.45.000.ПЗ</i>		
<i>Змін</i>	<i>Док.</i>	<i>№ док.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Список використаної літератури</i>		
<i>Розробив</i>	<i>Ковальов</i>						
<i>Керівник</i>	<i>Удодов</i>					1	3
					<i>НУХТ</i>		
<i>Зав.каф</i>	<i>Гавва</i>				<i>ОХ-4-10ск</i>		

12. Машины и аппараты пищевых производств. В 2 кн. Кн. 1: Учеб. Для вузов/С.Т.Антипов и др.; под ред. В.А. Панфилова. – М.: Высш. Шк., 2001.
13. И. Н. Чернин, А. В. Кузьмин «Расчеты деталей машин» (справочное пособие), Минск «Вышэйшая школа», 1978г.
14. Груданов В.Я. Основы инженерного творчества. – Мн.: Изд. Центр БГУ, 2005.
15. Фараджева Е.Д., Федоров В.А.. Общая технология бродильных производств. М., Колосс, 2002.
16. Веселов И. Я., Чукмасова М. А. Технология пива. М.: Пищепромиздат, 1963.
17. Гинзбург А. С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов. М.: Пищевая промышленность, 1973.
18. Попов В. И., Кретов И. Т., Стабников В. Н. Технологическое оборудование предприятий бродильной промышленности. М.: Пищевая промышленность. 1974.
19. Стабников В. Н., Баранцев В. И. Процессы и аппараты пищевых производств. М.: Легкая и пищевая промышленность.: 1983г.
20. Стабников В. Н., Лысянцев В. М., Попов В. Д. Процессы и аппараты пищевых производств. М.: «Агропромиздат».: 1985г.
21. Барашов В.Е. Практикум по расчетам технологического оборудования бродильной промышленности. – М.: Колос, 1992.
22. Беляков Г.И. Охрана труда – М.: Колос, 1995.
23. Э.А. Арустамов. Безопасность жизнедеятельности. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 2002.
24. [http://4ua.co.ua/manufacture/ra3ac68a5d43a88421316d27\\_0.html](http://4ua.co.ua/manufacture/ra3ac68a5d43a88421316d27_0.html)
25. <https://food-mechanics.ru/?p=970>
26. <https://dnaop.com/get/43139/>
27. <http://www.freepatent.ru/patents/2039800>
28. [https://yandex.ru/patents/doc/RU94031757A1\\_19960710](https://yandex.ru/patents/doc/RU94031757A1_19960710)

					<i>Список використаної літератури</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

29. <https://poleznayamodel.ru/model/9/97130.html>

30. <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D0%98%D0%90%D0%A2%D0%98%D0%9C-221>

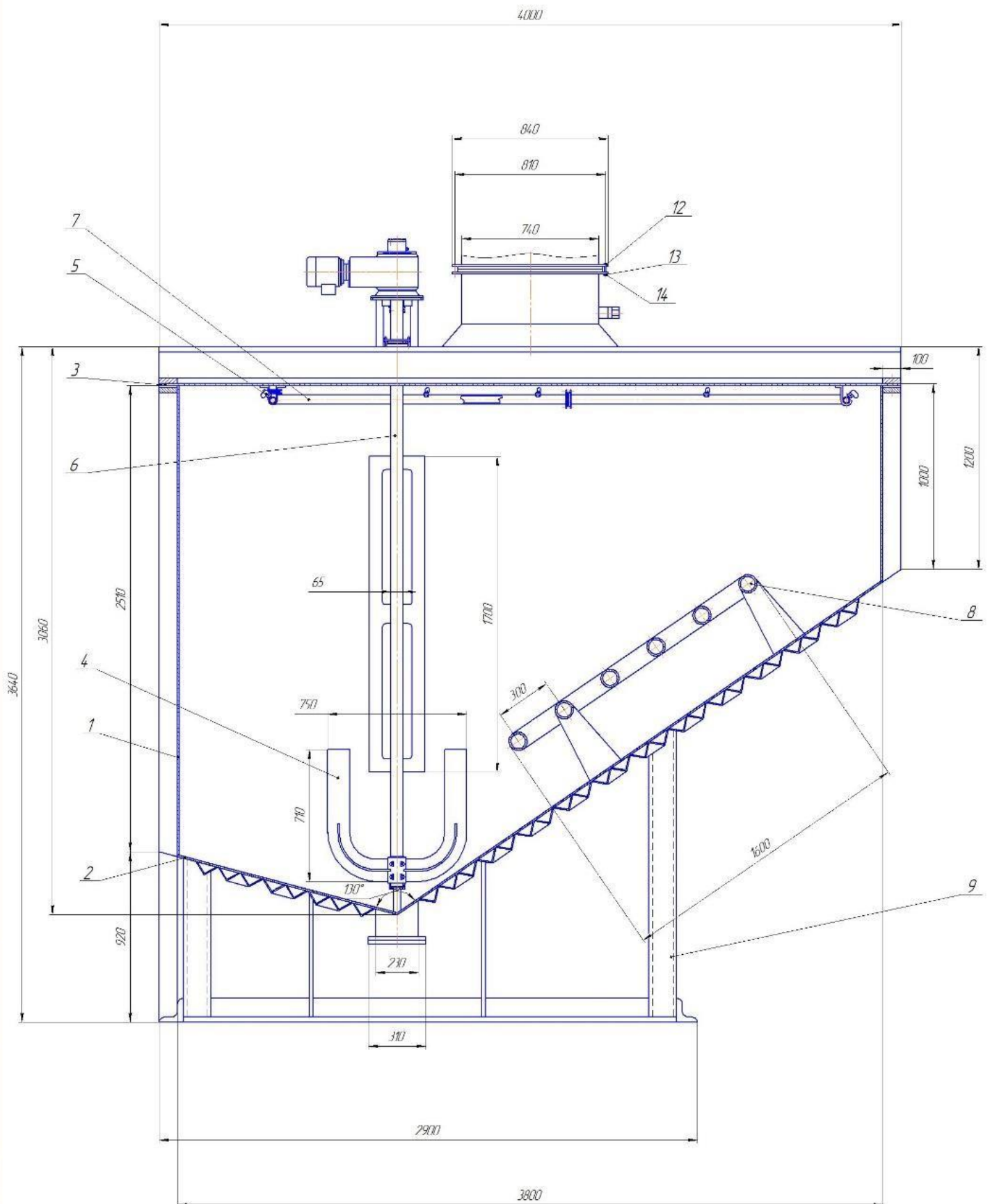
					<i>Список використаної літератури</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

## ДОДАТКИ

1. Специфікації до обладнання.



A-A

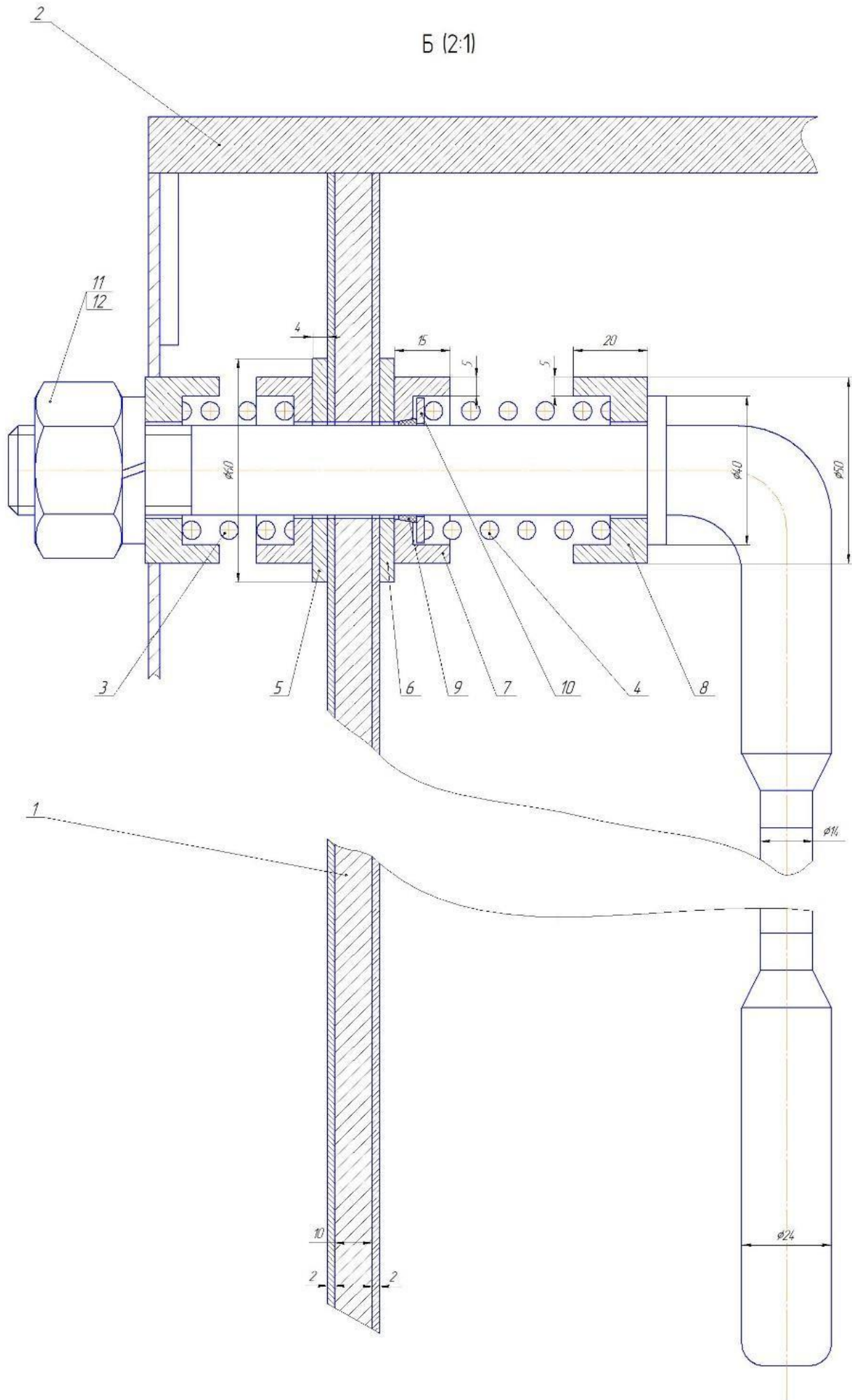


Лист № 01 из 01  
 Дата: 15.08.2018  
 Проект: 180237.ДП.4.5.002.СК  
 Исполнитель: И.И.И.

180237.ДП.4.5.002.СК				Лист	Масса	Изготовлено
Апарат суславарильний				4	10600	120
Вид	№ документа	Изд.	Лист	Лист	Листов	1
Проект	Исполнитель	Дата	Лист	Лист	Листов	1
Спецификация	Исполнитель	Дата	Лист	Лист	Листов	1
Исполнитель	Исполнитель	Дата	Лист	Лист	Листов	1
Исполнитель	Исполнитель	Дата	Лист	Лист	Листов	1

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<u>Документація</u>						
A1			180237.ДП.24.002СК	Складальне креслення		
<u>Складальні одиниці</u>						
		1		Корпус	1	
		2		Днище	1	
		3		Верхнє днище	1	
		4		Мішалка	2	
<u>Деталі</u>						
		5		Піногасник	20	
		6		Вал	2	
		7		Труба піногасника	1	
		8		Зміювик	1	
		9		Опора	8	
		10		Лопать мішалки	2	
		11		Напівматочина	2	
<u>Стандартні вироби</u>						
		12		Болт М8х60 ГОСТ 155.89-70	8	
		13		Шайба С.8.37 ГОСТ 113.71-78	8	
		14		Гайка М8х6Н ГОСТ 5915-70	8	
180237.ДП.45.002.СК						
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.		Ковальов К.Д.				
Пров.		Чудов С.О.				
Н.контр.						
Утв.		Гавва О.М.				
Апарат сусловарильний					Лит.	Лист
						Листов
						1
					НУХТ ОХ-4-10СК	
					Формат А4	

Б (2:1)

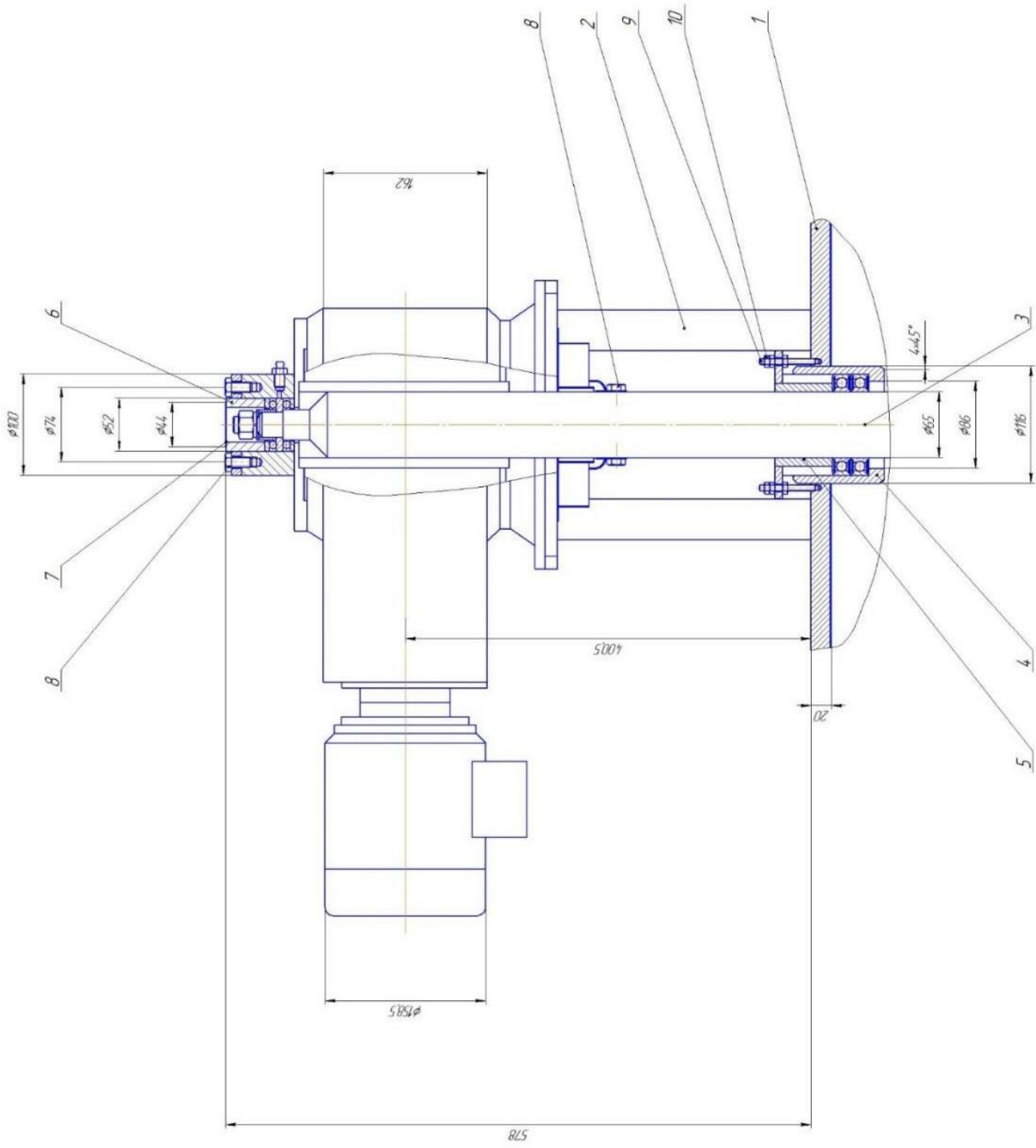


Лист № 1  
Лист № 2  
Лист № 3  
Лист № 4  
Лист № 5  
Лист № 6  
Лист № 7  
Лист № 8  
Лист № 9  
Лист № 10  
Лист № 11  
Лист № 12

				180237.01.45.003.ДТ		
				<b>Рівнемір</b>		
№ документа	№ документа	Дата	Лист	Масштаб	Деталь	
			4		21	
Исполнитель	Проверенный	Листов				
Исполнитель	Проверенный	Листов				
Исполнитель	Проверенный	Листов				

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<u>Документація</u>						
A1			180237.ДП.45.002.СК	Складальне креслення		
<u>Складальні одиниці</u>						
		1		Корпус	1	
		2		Верхнє днище	1	
<u>Деталі</u>						
		3		Пружина	1	
		4		Пружина	1	
		5		Накладка	1	
		6		Накладка	1	
		7		Стакан	1	
		8		Стакан	1	
		9		Ущільнювач	1	
		10		Шайба упорна	1	
<u>Стандартні вироби</u>						
		12		Гайка М27-6Н ГОСТ 5915-70	1	
		13		Шайба 27 ГОСТ 6402-70	1	
<b>180237.ДП.45.003.ДТ</b>						
Ім'я		Лист	№ докум.	Підп.	Дата	
Разраб.		Ковальов К.Д.				
Пров.		Чудов С.О.				
Н.контр.						
Утв.		Гавва О.М.				
<b>Рівнемір</b>				Лит.		Лист
				Листов		1
				НУХТ		
				ОХ-4-10СК		
				Формат А4		

180237.01.45.004.01



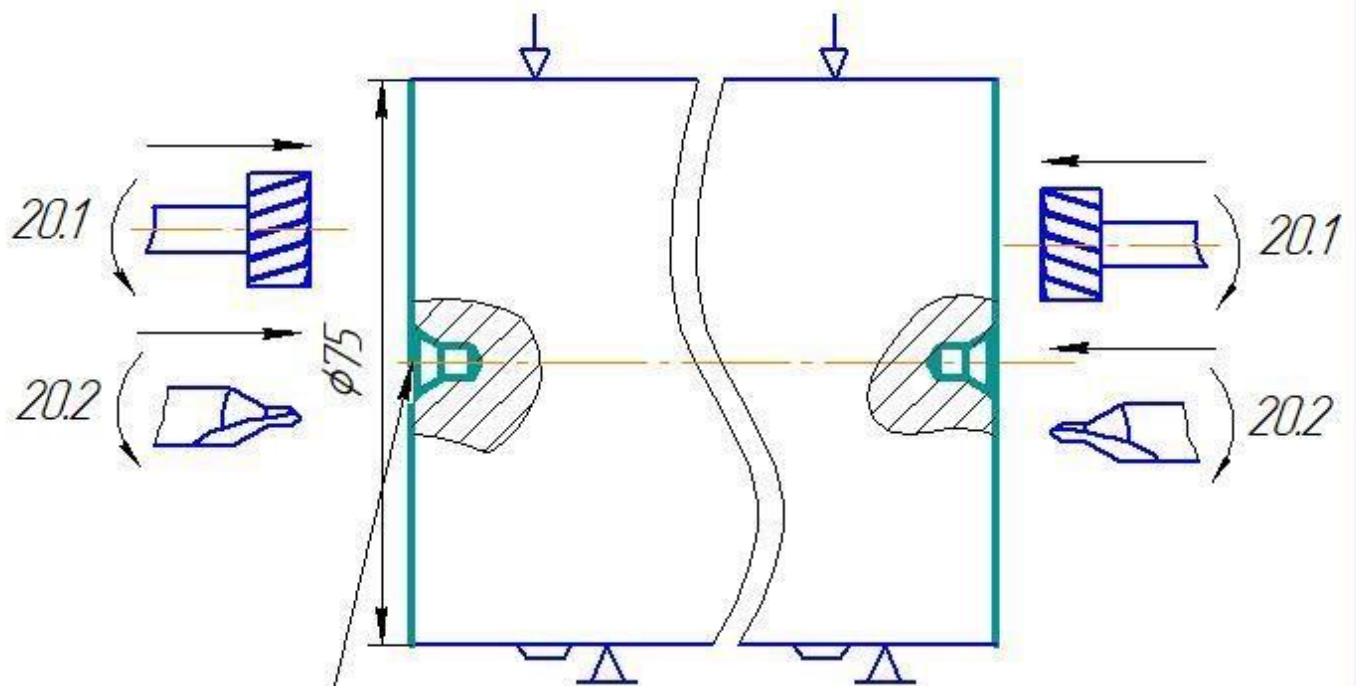
180237.01.45.004.01		Διαμ.	Διάμ.	Χωροστάθ.
Πλάτος	12	Υψ.		
Μήκος		Διάμ.		
Μέγεθος		Διάμ.		
Μονομ.		Διάμ.		
Συν.		Διάμ.		
		ΜΑΤ		
		ΟΧ-4-20κ		
		Φύλλον	21	

Κατάσταση

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<u>Документація</u>						
A1			180237.ДП.45.002.СК	Складальне креслення		
<u>Складальні одиниці</u>						
		1		Корпус	1	
		2		Верхнє днище	1	
<u>Деталі</u>						
		3		Пружина	1	
		4		Пружина	1	
		5		Накладка	1	
		6		Накладка	1	
		7		Стакан	1	
		8		Стакан	1	
		9		Ущільнювач	1	
		10		Шайба упорна	1	
<u>Стандартні вироби</u>						
		12		Гайка М27-6Н ГОСТ 5915-70	1	
		13		Шайба 27 ГОСТ 6402-70	1	
<b>180237.ДП.45.003.ДТ</b>						
Изм		Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб.		Ковальов КД				
Пров.		Чудов С.О.				
Н.контр.						
Утв.		Гавва ОМ.				
<b>Рівнемір</b>				Лит.		Лист
<b>Копіювал</b>				Листов		1
<b>Формат А4</b>				НУХТ		
<b>ОХ-4-10СК</b>				Формат		А4



√ Ra 6,3 (√)



2 Отв. центр. В4 ГОСТ 14034-74

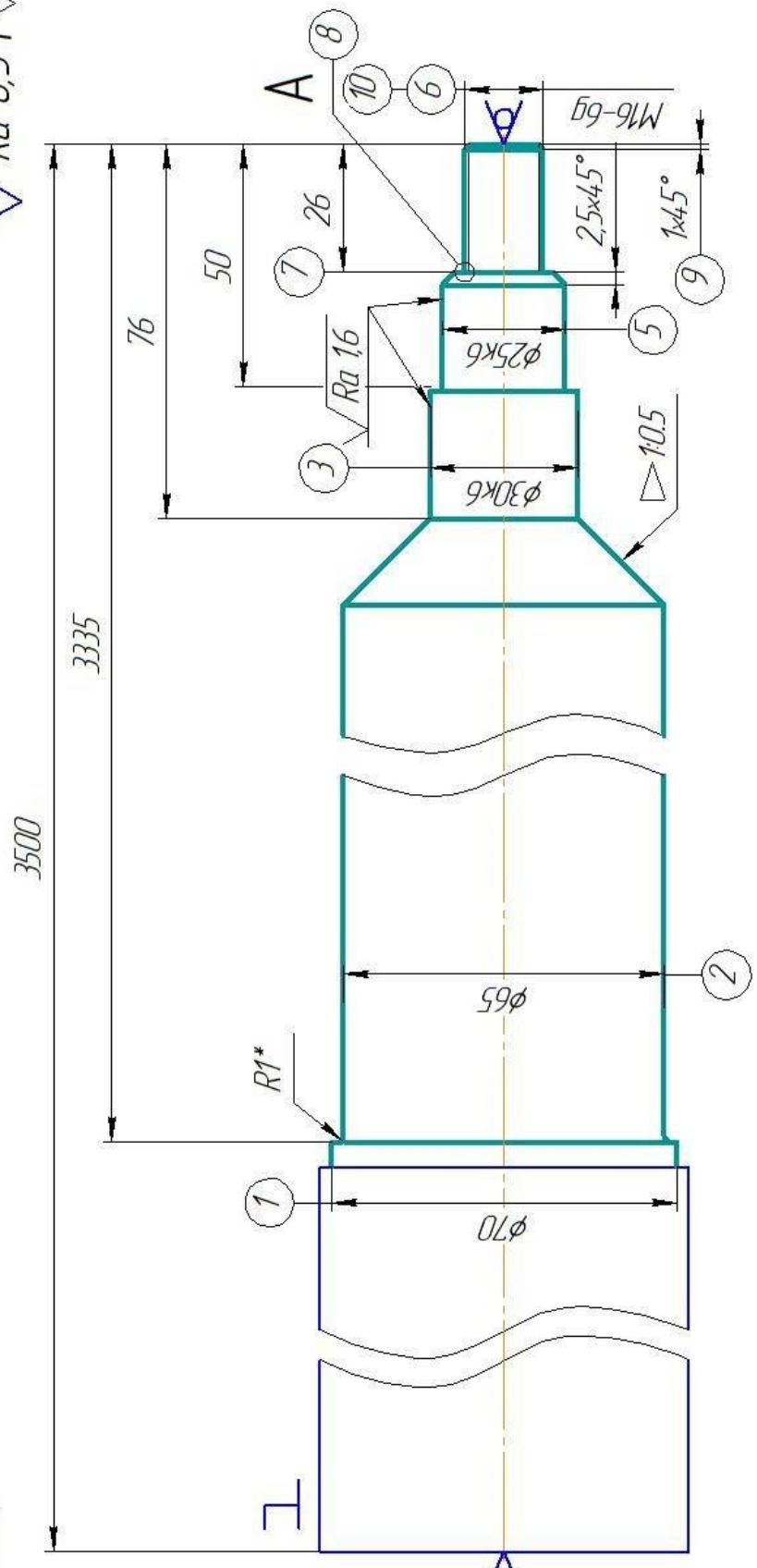
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

20 Фрезерно-центрувальна операція

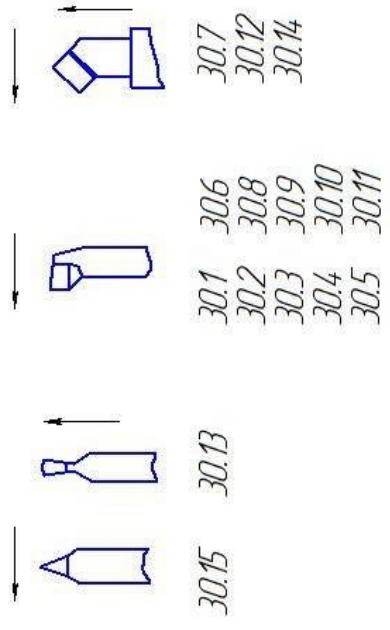
Лист

30 Токарна операція

$\sqrt{Ra\ 6,3\ (\checkmark)}$



A(2,5:1)



	30.15	30.13	30.1	30.7
	30.1	30.2	30.3	30.12
	30.2	30.3	30.4	30.14
	30.3	30.4	30.5	30.10
	30.4	30.5	30.6	30.11

И№, № подл.	Підп. у дана	Вам И№ №	И№, № дугл.	И№, № подл.

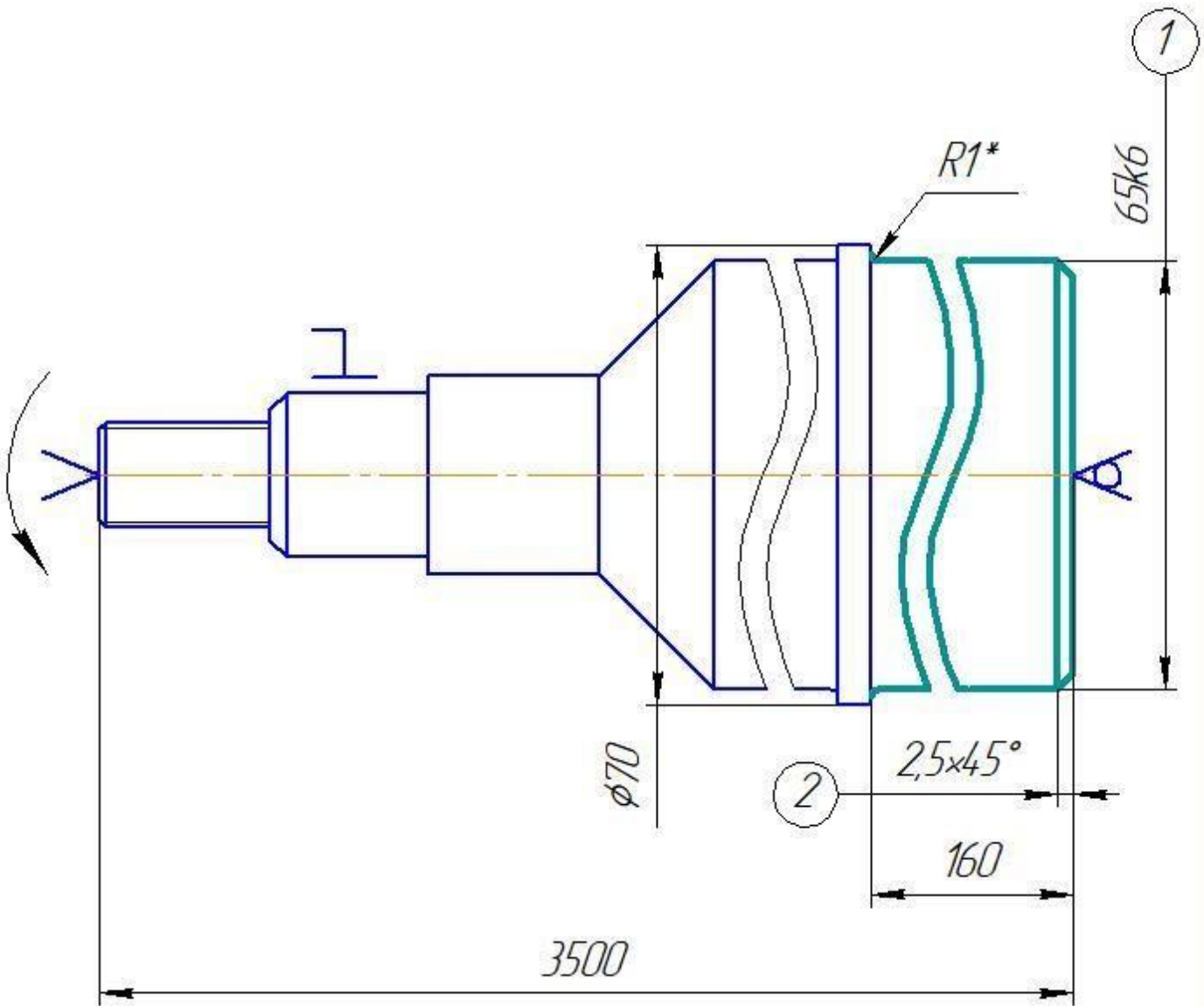
И№, № подл.	Підп. у дана	№ докум.	Підп. Дата	Лист

30 Токарна операція

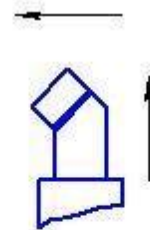
Копиробот

Формат А3

$\sqrt{Ra\ 6,3\ (\checkmark)}$



40.1  
40.2



40.3

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

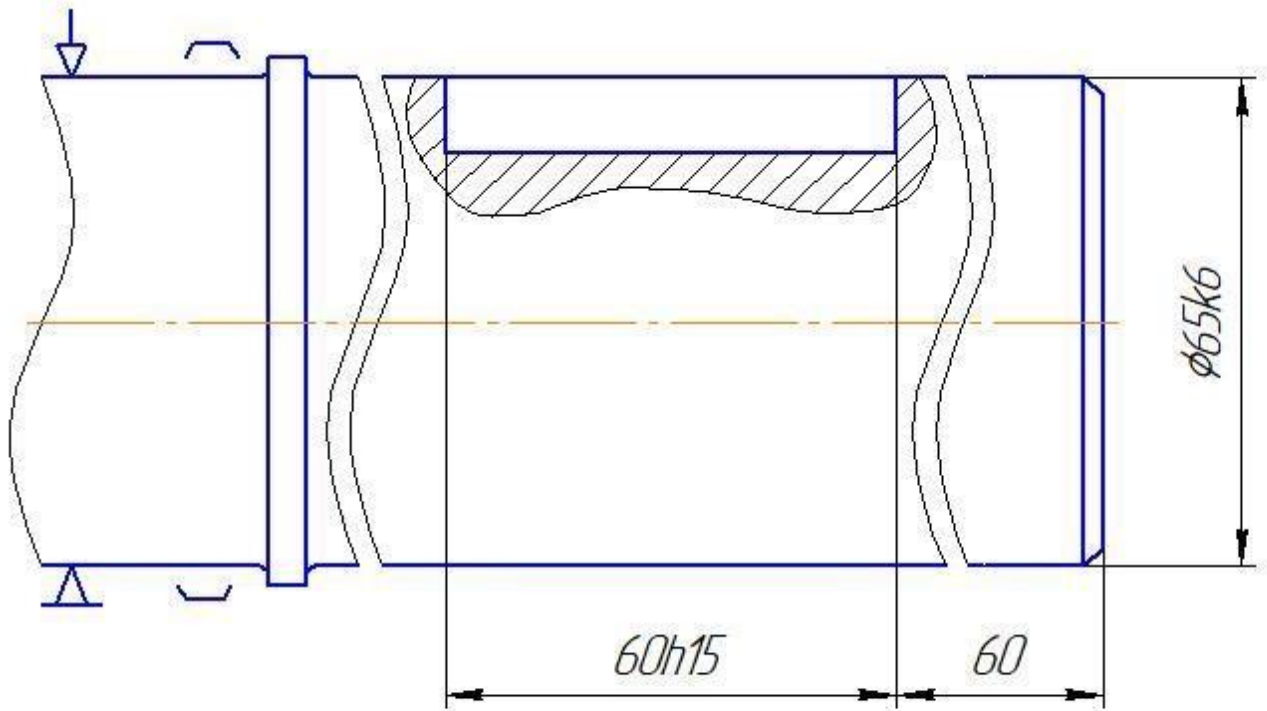
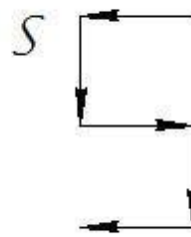
40 Токарна операція

Лист

50 Фрезерна операция

$\sqrt{Ra\ 6,3\ (\checkmark)}$

50.1



Инв. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	
Инв. № подл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

50 Фрезерна операция

Лист

Копировал

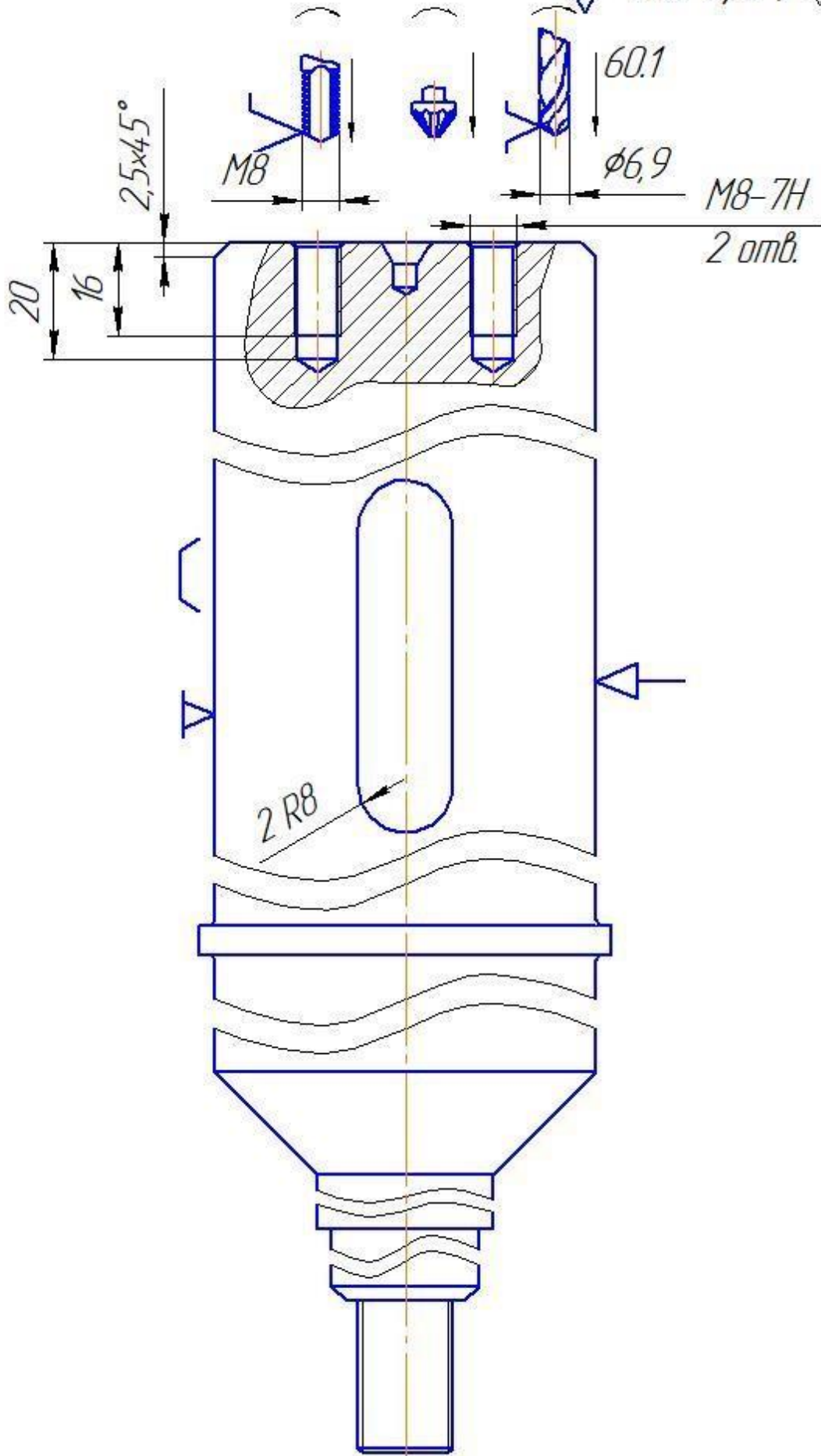
Формат А4

КІТОВАНО ДИЧУНУРДАГҀ 09

60.3

60.2

$\sqrt{Ra\ 6,3 (\checkmark)}$



Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

60 Свердлильна операція

Копировал

Формат А4

Лист

