

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

Кафедра Машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв

«До захисту в ЕК»

Директор інституту (декан факультету)

Сергій БЛАЖЕНКО

(підпис)

(ім'я та прізвище)

«___» _____ 2024 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Олександр ГАВВА

(підпис)

(ім'я та прізвище)

«___» _____ 2024р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

зі спеціальності _____ 133 «Галузеве машинобудування»
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв

на тему: «Модернізація апарату вертикального типу безперервної дії для сушіння солоду продуктивністю 22000 кг/добу.»

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

Ващук Андрій Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник: Чепелюк Олександр Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Консультанти Юрій БОЙКО

(ім'я та прізвище)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

Рецензент

(ім'я та прізвище)

(підпис)

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

Здобувач _____

(підпис)

Київ – 2024р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

Кафедра Машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

(код і назва)

Освітня програма «Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв»

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

проф. Олександр ГАВВА

“ ____ ” _____ 2024 року

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

Ващука Андрія Олександровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Модернізація апарату вертикального типу безперервної дії для сушіння солоду продуктивністю 22000 кг/добу

Керівник проекту (роботи) Чепелюк Олександр Миколайович, доц., кандидат тех. наук

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

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

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

3. Вихідні дані до роботи технічний паспорт обладнання; кресленики обладнання; навчальна, нормативна та спеціальна література.

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

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

Загальний вигляд обладнання – 1 аркуш А1; Складальні одиниці обладнання, вузли – 3 аркуші А1; Технологія машинобудування – 1 аркуш А1

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання: «05» квітня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Анотація, зміст</i>	<i>26.04.2024</i>	<i>Виконано</i>
2	<i>Вступ</i>	<i>27.04.2024</i>	<i>Виконано</i>
3	<i>Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі</i>	<i>29.04.2024</i>	<i>Виконано</i>
4	<i>Техніко-економічне обґрунтування та соціальне обґрунтування</i>	<i>30.04.2024</i>	<i>Виконано</i>
5	<i>Характеристика вихідної сировини і готового продукту</i>	<i>02.05.2024</i>	<i>Виконано</i>
6	<i>Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи.</i>	<i>04.05.2024</i>	<i>Виконано</i>
7	<i>Вибір конструкційних матеріалів</i>	<i>06.05.2024</i>	<i>Виконано</i>
8	<i>Розрахункова частина</i>	<i>10.05.2024</i>	<i>Виконано</i>
9	<i>Технологічний маршрут виготовлення деталі</i>	<i>12.05.2024</i>	<i>Виконано</i>
10	<i>Вимоги щодо монтажу і технічного сервісу</i>	<i>14.05.2024</i>	<i>Виконано</i>
11	<i>Опис системи управління</i>	<i>15.05.2024</i>	<i>Виконано</i>
12	<i>Заходи щодо охорони праці</i>	<i>16.05.2024</i>	<i>Виконано</i>
13	<i>Висновки</i>	<i>18.05.2024</i>	<i>Виконано</i>
14	<i>Список використаних літературних джерел</i>	<i>19.05.2024</i>	<i>Виконано</i>
15	<i>Графічна частина: 5 аркушів формату А1</i>	<i>28.05.2024</i>	<i>Виконано</i>
	<i>Подача кваліфікаційної роботи на кафедру</i>	<i>01.06.2024</i>	<i>Виконано</i>

Здобувач

(підпис)

Андрій ВАЩУК

Керівник роботи

(підпис)

Олександр ЧЕПЕЛЮК

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему «Модернізація апарату вертикального типу безперервної дії для сушіння солоду продуктивністю 22000 кг/добу» виконана відповідно до поставленого завдання. Мета роботи полягає в підвищенні ефективності роботи сушильного апарату шляхом його модернізації.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з пояснювальної записки обсягом __ аркушів, в якій наведено аналіз існуючих конструкцій обладнання для висушування солоду, техніко-економічне та соціальне обґрунтування доцільності запропонованих заходів, характеристика вхідного матеріалу та готової продукції, а також проведено детальний розрахунок сушильного апарату для солоду, вибір конструкційних матеріалів, наведено технологічний маршрут виготовлення деталі, наведені рекомендації щодо монтажу, сервісу, експлуатації та ремонту обладнання, викладені основи охорони праці при роботі з сушильним апаратом для солоду. Список використаної літератури становить 17 найменувань.

Основою модернізації сушильного апарату для солоду є удосконалення механізму для розрівнювання солоду в системі завантаження, що впливає позитивно на тривалість сушіння і якість отриманого солоду.

Графічна частина роботи містить креслення загального вигляду сушильного апарату для солоду (1 аркуш – А1), креслення розвантажувального механізму (1 аркуш – А1), креслення складальних одиниць – (2 аркуші А1); креслення до технологічного маршруту виготовлення кришки – (1 аркуш А1).

Ключові слова: СУШІННЯ, АПАРАТ ДЛЯ ВИСУШУВАННЯ, СОЛОД, ЗАВАНТАЖЕННЯ, ШНЕК.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Чепелюк О.М.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Ващук А.О.	Назва, додаткова назва Анотація	220790.KP.21.000 ПЗ				
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/2	

ABSTRACT

The bachelor's qualification work on the topic "Modernization of the apparatus of a vertical type of continuous action for drying malt with a productivity of 22,000 kg/day" was completed in accordance with the assigned task. The purpose of the work is to increase the efficiency of malt drying by modernizing it.

The bachelor's qualification work consists of an explanatory note with the volume of __ sheets, which provides an analysis of the existing designs of malt drying equipment, technical, economic and social justification of the feasibility of the proposed measures, characteristics of the input material and finished products, as well as a detailed calculation of the malt drying apparatus, selection structural materials, the technological route of manufacturing the part is given, recommendations are given for installation, service, operation and repair of equipment, the basics of labor protection when working with a malt dryer are outlined. The list of used literature is 17 items.

The basis of the modernization of the malt dryer is the improvement of the mechanism for leveling the malt in the loading system, which has a positive effect on the duration of drying and the quality of the obtained malt.

The graphic part of the work contains drawings of the general appearance of the malt drying apparatus (1 sheet - A1), drawings of the unloading mechanism (1 sheet - A1), drawings of assembly units - (2 sheets of A1); drawings for the manufacturing route of the lid - (1 sheet A1).

Keywords: DRYING, DRYING APPARATUS, MALT, LOADING, SCREW.

ЗМІСТ

	стор.
Вступ.....	6
1. Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі.....	8
2. Техніко-економічне обґрунтування та соціальне обґрунтування	15
3. Характеристика вихідної сировини і готового продукту.....	18
4. Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи обладнання.....	21
5. Вибір конструкційних матеріалів.....	27
6. Розрахункова частина.....	30
7. Технологічний маршрут виготовлення деталі.....	45
8. Вимоги щодо монтажу і технічного сервісу.....	64
9. Опис системи управління.....	73
10. Заходи щодо охорони праці.....	79
Висновки.....	88
Список використаних літературних джерел.....	89
Додатки.....	91

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Чепелюк О.М.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Ващук А.О.	Назва, додаткова назва Зміст	220790.KP.21.000 ПЗ				
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/1	

Вступ

Сушіння - це процес, що включає видалення вологи з твердих (сипких), рідких або пастоподібних матеріалів (продуктів, препаратів тощо). Цей процес дозволяє зберігати продукт протягом тривалого часу, надає матеріалам визначених властивостей та зменшує витрати на транспортування.

Солод - це продукт, що отримується в результаті штучного пророщування злакових культур і використовується як основна сировина для виготовлення пива. Характеристики солоду, такі як смак, колір та запах, відіграють ключову роль у виробництві пива. Одним з технологічних етапів виробництва солоду є висушування, що полягає в зниженні вологості солоду з 43-45% до 3-3,5%.

Процес виробництва солоду є об'ємним і трудомістким. Одним з технологічних етапів виробництва солоду є висушування солоду після його замочування. Найбільш поширеним обладнанням для сушіння солоду є сушарки для солоду.

Основна мета висушування солоду - це зниження вологості, а також проведення теплової обробки продукту. Зниження вологості в солоді допомагає запобігти його псуванню, а теплова обробка надає солоду специфічного смаку, кольору та аромату. Крім того, регулюючи пророщення солоду і впливаючи на температуру його висушування, можна виробити як темні, так і світлі сорти солоду.

Температура повітря для висушування світлого солоду повинна бути в межах 80 -85°C. Щодо темного солоду, хімічна фаза сушіння настає за температур вище від 70°C, які несприятливі для більшості ферментів. Тривалість сушіння становить 24 -36 годин до вологості солоду 3 %.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Чепелюк О.М.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Ващук А.О.	Назва, додаткова назва Вступ	220790.KP.21.000 ПЗ				
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/2	

Поширеним обладнанням для сушіння солоду є високопродуктивні сушарки для солоду неперервної дії, характерною особливістю яких є велика висота завантаженого шару солоду та високе питоме навантаження на сітчасту поверхню (250 - 400 кг/м). На одній сітчастій решітці відбувається як підсушування, так і безпосередньо сушіння. Основними конструктивними вузлами сушарок є сушильна решітка, яка має значну ступінь перфорації (30 - 40%), система вентиляції та система опалення. Ці сушарки прості за конструкцією і дешевші за інші типи сушарок, але мають ряд недоліків: нерівномірне висушування солоду і неекономічне використання сушильного агента.

1. Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі

У процесі виробництва пива використовуються два типи сушилок для солоду: періодичної та безперервної дії. Двохярусні горизонтальні сушарки є одними з найбільш поширених серед періодичних сушилок. Ці апарати характеризуються невеликою продуктивністю та низькою економічністю.

Водночас, вертикальні сушарки періодичної та безперервної дії типу КС-30 та їх модифікації можуть бути більш ефективними.

Конструкції солодосушарок постійно оновлюються та модернізуються, але вони повинні відповідати всім високим технологічним та економічним вимогам.

Конструкція солодосушарки має бути добре регульованою і максимально автоматизованою; вона повинна гарантувати зручне завантаження пророслого та вивантаження сухого солоду; бути високоекономічною в роботі та забезпечувати високу якість солоду.

Солодосушарка безперервної дії ЛСГА (див. рис. 1.1.) за своєю конструкцією схожа на вертикальну сушарку безперервної дії.

Вона має металевий корпус, в якому встановлені вертикальні ситчасті сушильні секції, кілька шахт (13) та повітряні канали (14 і 15). Секції для сушіння заповнені солодом, який переміщується вниз безперервно або пульсуючим потоком. Нижні секції перешкоджають забиванню солоду між решітками. Шахти мають ширину 150 мм зверху і 250 мм знизу. Повітряні канали поділені по вертикалі на частини коробами повітряпідводу (4) і перегородкою (5), завдяки яким нагріте повітря чотири рази контактує з солодом. На верхній частині корпусу сушарки розташована камера підв'ялення (11). Свіжий пророслий солод направляється в камеру через трубу (10) і рівномірно розподіляється по ній розкидачем (9). Вентилятор (8)

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Чепеляк О.М.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Ващук А.О.	Назва, додаткова назва Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі		220790.KP.21.001 ПЗ			
	Документ затверджено Гавва О.М.			Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/7

нагнітає повітря в камеру з приміщення, щоб підв'ялювати солод. Солод з камери для підв'ялення подається до завантажувальних шахт (12) вальцями (7), звідки він потрапляє в сушильні секції (13). У нижній частині корпусу приєднуються шахти завантаження (16), які, так само як і завантажувальні (12), служать затворами, що запобігають обміну повітрям. Задвижка (1) служить в шахтах розвантаження для зупинення вивантаження солоду з сушильних секцій за потреби.

Механізм розвантаження (17) складається з двох пар валків, що обертаються назустріч один одному. Висушений солод з приймального бункера (18) вивантажується за допомогою шнека (19). Холодне повітря за допомогою вентилятора (3) нагнітається до парового калориферу (2), а потім - до корпусу сушарки через короби (4) та, при потребі, підсмоктує прохолодне повітря, яке змішується з теплим повітрям. Відпрацьоване повітря відсмоктується через вентилятор.

Сушарки безперервної дії типу ЛСГА мають декілька суттєвих недоліків: низька продуктивність, не зовсім рівномірний рух солоду, а тому, й нерівномірні процеси сушіння і термічної обробки, в результаті чого кінцевий продукт має низьку якість. Крім того, для солодосушарок типу ЛСГА характерні високі матеріалоємності. Також виникають складнощі з рівномірністю потоку повітря на обидві сушильні шахти, що порушує умови сушіння солоду. Головним недоліком сушарки типу ЛСГА є забивання сит свіжим пророслим солодом, а очищення сит при цьому практично неможливе.

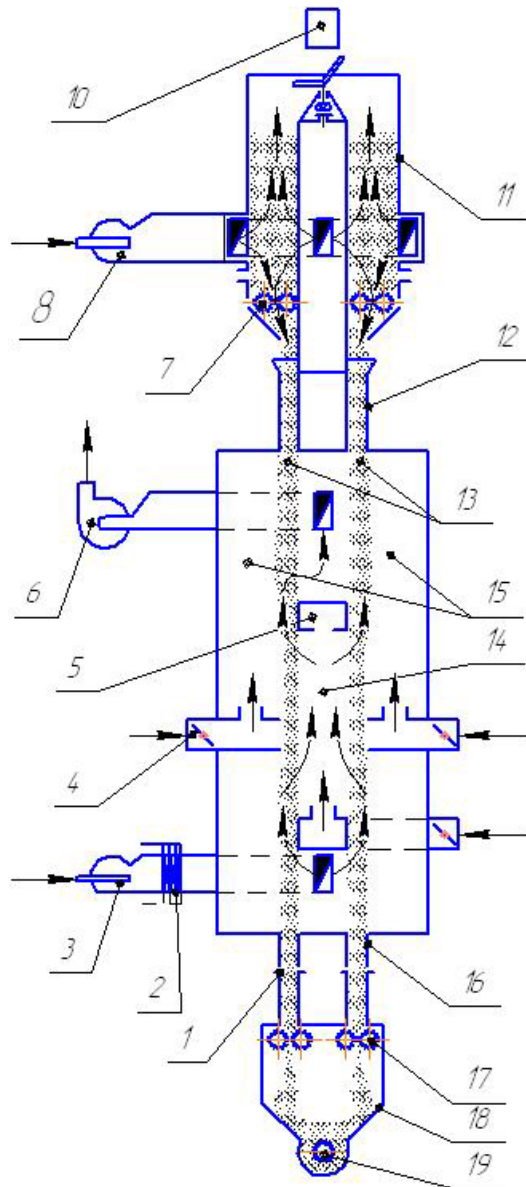


Рис. 1.1. Солодосушарка безперервної дії типу ЛСГА

Солодосушарка карусельного типу (див. рис. 1.2.) має конструкцію у вигляді кільцевих сушильних камер, які включають огороження, яке може бути як стаціонарним, так і рухомим, а також склепіння. Всередині стаціонарного огороження розташовані 16 опорних роликів, на яких знаходиться перфорована платформа, що обертається за допомогою приводної станції. Прямо над платформою встановлено пристрій для

розвантаження сухого солоду, а саме, гвинтовий конвеєр, а в вертикальній площині цього пристрою - гвинтовий конвеєр для видалення наростків солоду.

Рухоме огородження встановлене на роликах і обертається завдяки силам тертя.

Сушильна камера закінчується склепінням, яке складається з секторів і має вікно для видалення відпрацьованого агента сушіння. Один з секторів повинен мати вільний живий переріз, в якому встановлюється бункер-живильник для завантаження свіжого пророслого солоду. Безпосередньо до сушильної камери монтується блок тепловентиляції, який включає вентилятор та калорифер.

Режим сушіння відбувається в щільному шарі, який переміщується від верху до низу. Сушильний агент проходить через шар солоду від низу до верху. Переміщення шару відбувається за рахунок безперервного відбирання солоду в горизонтальній площині нижнього шару (після термічної обробки) гвинтовим конвеєром та одночасного наповнення верхнього шару сушарки свіжопророслим солодом через бункер-живильник.

Швидкість обертального руху платформи, де знаходиться шар солоду, висота шару, що розвантажується в нижній частині сушарки, загальна висота шару солоду, кількість та температура агента сушіння узгоджуються між собою в оптимальних параметрах роботи і забезпечують максимально можливу продуктивність при мінімальних питомих енергозатратах та найвищій якості готового продукту.

Протитечійний (шар солоду і сушильного агента) безперервний процес сушіння солоду в типовій карусельній сушарці дозволяє забезпечити технологічні вимоги до найоптимальнішого співвідношення між температурою сушильного агента і вологістю солоду в кожному шарі, а

також оптимальні режими наступних фаз: фізіологічної, ферментативної та хімічної. Це дозволяє отримувати сухий солод найвищої якості при мінімальних витратах теплоносія на сушіння одиниці продукту.

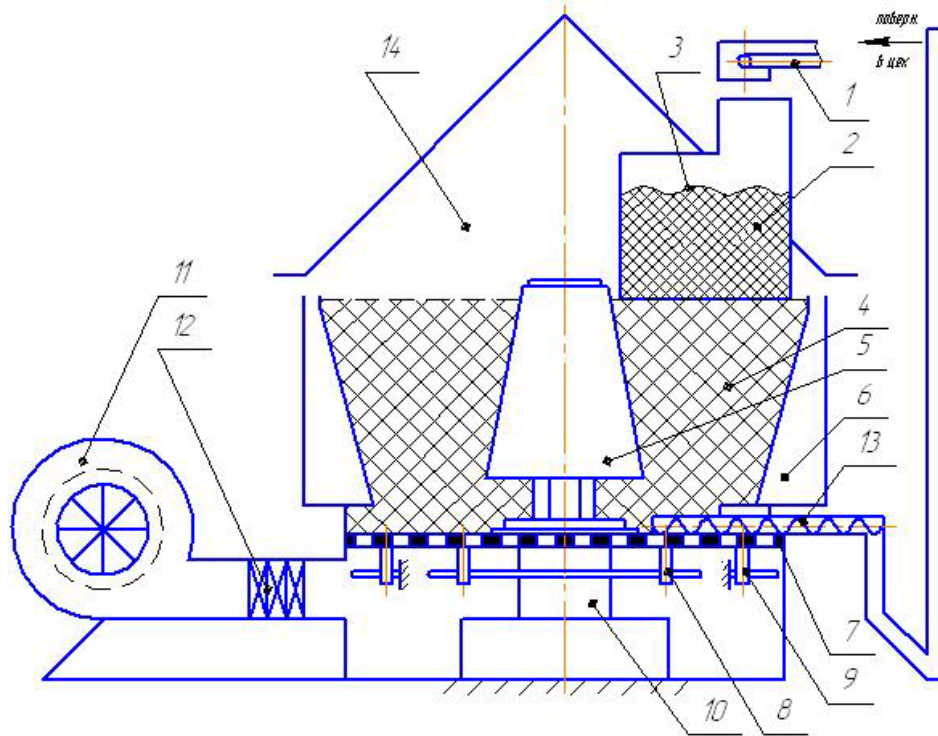


Рис. 1.2. Солодосушарка карусельного типу.

1 – конвеєр свіжопророслого солоду; 2 – завантажувальний бункер; 3 – шнек;
4 – сушильна камера; 5 – конус; 6 – стійка криши; 7 – платформа; 8 –
привідний ролик; 9 – опорний ролик; 10 – редуктор; 11 – тепло вентиляційна
камера; 12 – калорифер; 13 – розвантажувальний шнек; 14 – криша

Сушарки безперервної дії моделі ЛСХА (див. рис. 1.3.) використовуються на численних підприємствах країни і їх конструкцію постійно вдосконалюють.

У металевому корпусі сушарки розташовані вертикальні сітчасті сушильні секції: шахти 13 і повітряні канали 14 і 15. Сушильні секції наповнені солодом, який безперервно або пульсуючим потоком повільно переміщується вниз. Секції поступово розширюються вниз, щоб запобігти

забиванню солоду між решітками. Ширина шахт зверху становить 150 мм, а знизу - 250 мм.

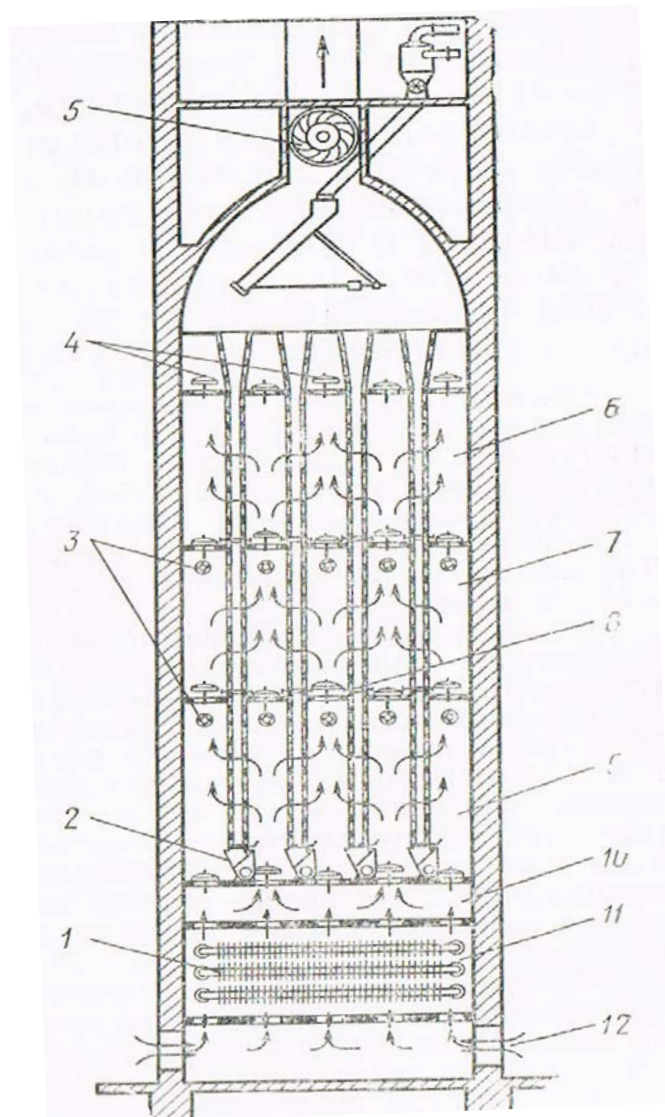


Рис. 1.3 Сушарка безперервної дії конструкції ЛСХА

Повітряні канали в сушарці безперервної дії конструкції ЛСХА (див. рис. 1.3.) розділені по висоті на частини за допомогою повітропідводящих коробів 4 і перегородки 5. Завдяки цьому, тепле повітря 4 рази проходить через шар солоду (це показано на малюнку стрілками). На верхній частині корпусу сушарки розташована камера підв'ялювання 11. Свіжий пророслий

солод подається в камеру через трубу 10 і рівномірно розподіляється в ній за допомогою розкидача 9. Вентилятор 8 нагнітає повітря в камеру з приміщення для підв'ялювання солоду.

Солод з камери підв'ялювання подається вальцями 7 до завантажувальних шахт 12, звідки він потрапляє в сушильні секції 13. У нижній частині корпусу сушарки приєднуються розвантажувальні шахти 16, які, так само як і завантажувальні шахти 12, служать затворами, що запобігають обміну повітрям. Засувки 1 в розвантажувальних шахтах використовуються для зупинення випуску солоду з сушильних секцій при необхідності.

Розвантажувальний механізм 17 складається з двох пар валів, що обертаються назустріч один одному. Сухий солод з приймального бункера 18 вивантажується за допомогою шнека 19.

Холодне повітря за допомогою вентилятора 3 нагнітається до парового калориферу 2, а потім - до корпусу сушарки. Через короби 4 при потребі підсмоктується холодне повітря, яке змішується з теплим повітрям. Відпрацьоване повітря відсисається вентилятором 6.

2. Техніко-економічне обґрунтування та соціальне обґрунтування

В сучасний час, солодова інженерія стає все більш технічно складною і науково інтенсивною. Тому потрібно нове, принципово інше розуміння організації технічного прогресу в солодовому виробництві, яке гарантує вищу продуктивність при менших витратах.

Сучасний етап технічного розвитку солодових виробництв неможливий без використання комплексного системного підходу, який дозволяє отримати цілісне уявлення про виробництво. Системний підхід сприяє підвищенню ефективності наукових, проектних і конструкторських робіт у сфері вдосконалення існуючих і створення нових високоефективних процесів і обладнання для виробництва пивоварного солоду.

На сучасному етапі розвитку вітчизняної солодової промисловості в умовах загострення конкуренції на ринку, як серед вітчизняних, так і зарубіжних виробників солоду, на перший план виходять проблеми підвищення якості та функціонування солодових виробництв як системи, яка включає, перш за все, такі поняття:

- технологічну ефективність;
- економічність;
- керованість;
- екологічність.

Технологічна ефективність і економічність виробництва солоду, як і будь-якої іншої технології, значною мірою залежать від технічного вдосконалення обладнання і від варіанту інженерного рішення конкретної технологічної задачі.

Основу сучасної концепції технічного і технологічного вдосконалення солодового виробництва складають декілька ключових принципів:

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Чепеляк О.М.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Ващук А.О.	Назва, додаткова назва Техніко-економічне обґрунтування та соціальне обґрунтування	220790.KP.21.002 ПЗ				
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/3	

- вибір високоякісного ячменю; використання високоякісного зерноочисного обладнання;
- використання технічно вдосконаленого транспортного обладнання, яке забезпечує обережне транспортування зерна;
- використання технічно вдосконаленого та модернізованого обладнання для замочування, пророщування і сушіння солоду;
- дотримання вимог виробничої санітарії.

Нові солодовні оснащені високоякісним технологічним обладнанням, але в старих солодовнях виникає багато проблем, які потрібно вирішити або мінімізувати під час їх технічної реконструкції.

Виробництво солоду є енергоємним. Зниження енерговитрат можна досягнути за рахунок:

- вибору більш ефективної аеродинамічної форми повітропроводів і оптимізації їх оснащення;
- зменшення товщини шару завантаженого зерна.

Зниження теплової енергії при сушінні солоду можна досягнути за рахунок:

- поліпшення ізоляції і герметизації корпусу сушарки;
- повторного використання відпрацьованого повітря;
- виробництва тепла з високим коефіцієнтом корисної дії;
- використання сушарок з економним споживанням енергії.

Серед найважливіших заходів, які сприяють збільшенню продуктивності діючих солодовень, слід відзначити:

- вдосконалення технології;
- скорочення часу транспортування;
- збільшення одиничної потужності обладнання.

Також одним з напрямків збільшення випуску солоду є зниження втрат на технологічних стадіях. Зниження втрат на стадіях замочування і пророщування зерна може бути забезпечено, наприклад, за рахунок контролю і оптимізації процесу дихання.

Найважливіша технологічна проблема – це підвищення якості солоду, яка залежить від якості сировини і від рівня техніки і технології.

При виробництві солоду також виникають проблеми, які відіграють важливу роль, – це проблема поліпшення виробничої санітарії і проблема поліпшення екологічності солодового виробництва. Підсумовуючи весь комплекс проблем солодових підприємств, можна підкреслити, що з сучасних позицій системного підходу необхідно вирішувати єдину проблему – вдосконалення технологічного потоку виробництва солоду за рахунок підвищення якості його функціонування, як системи в цілому.

3. Характеристика вихідної сировини і готового продукту

Солод – це продукт, що отримується в результаті штучного пророщування злакових культур, таких як жито, ячмінь, овес, пшениця, просо. Він складається з частково пророщених зерен, в яких активізується природний ферментативний ланцюг перетворень ендосперму зерна, що є характерним для періоду проростання. Солод використовується як проміжний продукт у виробництві пива, квасу та спиртних напоїв. В результаті пророщування зерен хлібних злаків утворюються амілолітичні і протеолітичні ферменти, які сприяють процесу солодування.

У більшості стилів пива використовується солод з ячменю, оскільки його висока ферментативна активність (діастатична сила) ідеально підходить для варіння пива. Проте, солод з інших злакових культур, таких як пшениця та жито, також користується популярністю.

Після процесів пророщування і сушіння, деякі види солоду піддаються термічній обробці. В результаті солод набуває певних смакових відтінків і стає темнішим - ці характеристики переходять в готовий напій. Колір солоду відіграє важливу роль у його класифікації і часто використовується для визначення типу сировини для певного сорту пива.

Сушіння солоду - це важливий етап у виробництві пива. Цей процес включає видалення вологи з пророщених зерен злакових культур, таких як ячмінь, що є основною сировиною для виробництва пива.

Сушіння солоду відбувається за допомогою спеціального обладнання - сушарок. Існують різні типи сушарок, включаючи горизонтальні, вертикальні, періодичної та безперервної дії.

Режим сушіння світлого солоду на двохярусній горизонтальній сушарці періодичної дії включає швидке видалення вологи з солоду при відносно

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Чепелюк О.М.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Ващук А.О.	Назва, додаткова назва Характеристика вихідного матеріалу і готової продукції	220790.KP.21.003 ПЗ				
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/3	

низьких температурах, щоб швидко зупинити ріст зародку, дію ферментів на крохмаль і білки, пригальмувати дихання зерна.

Температура сушіння важлива для формування аромату і кольору солоду. Наприклад, аромат і колір світлого солоду формуються в останні 3 години при відсушуванні, коли температура піднімається до 80 °С.

Сушіння солоду – це складний процес, який вимагає точного контролю температури, вологості та часу, щоб забезпечити високу якість кінцевого продукту. Завдяки сучасним технологіям і обладнанню, цей процес може бути оптимізований для виробництва солоду різних сортів і властивостей.

Сушіння та термічна обробка свіжопророслого солоду мають бути здійснені таким чином, щоб максимально зберегти активність ферментів, яка потрібна для подальшого виготовлення пивного суслу з бажаним складом.

На початковій стадії сушіння в солоді продовжуються життєві процеси. Зерно дихає, і енергія дихання навіть значно збільшується порівняно з процесом солододорощення. Додаткове підвищення температури і зниження вологості призводить до інактивації ферментів дихання і припинення життєдіяльності солоду. Гідролітичні ферменти діють досить активно, оскільки температура для них наближається до оптимального значення. У солоді на початковій стадії сушіння продовжують накопичуватися продукти гідролізу білків і крохмалю (амінокислоти і цукри) - попередники ароматичних та барвних сполук.

В цілому, свіжопророслий солод під час сушіння та термічної обробки проходить глибокі фізичні, фізіологічні і біохімічні зміни, які залежать від температури сушильного агента, вмісту вологи в солоді (повинно бути оптимальне співвідношення між підвищенням температури і зниженням вологості) та умов процесу.

Частина високомолекулярних білків, які містяться в солоді, під час сушіння коагулюють, що в подальшому позитивно впливає на процес освітлення сусла і пива. Ростки, які можуть надати пиву неприємного гіркого смаку, у процесі сушіння стають крихкими і легко відокремлюються від зернівки.

Смак сухого солоду значною мірою залежить від меланоїдинів - барвних та ароматичних речовин, які утворюються в результаті хімічних реакцій при підвищеній температурі між цукрами та амінокислотами.

Під час сушіння солоду волога до 10 % легко вилучається із зернівок. Залишкова, яка міцно зв'язана з колоїдною структурою солоду, видаляється дуже важко. Це стадія термічного оброблення солоду, коли з'являються характерні його ознаки: аромат, колір і смак.

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

Свіжопророщений солод не можна використовувати для виробництва пива, оскільки він має сирий запах і смак, відсутність фарбувальних і ароматичних речовин, а також високий вміст розчинних білкових речовин. Щоб виготовити пиво, яке відповідає всім стандартам, свіжопророщений солод потрібно висушити.

Процес сушіння свіжопророщеного солоду включає зміну не лише вологості і об'єму, але й колору, смаку, аромату та хімічного складу. Процес сушіння поділяється на дві стадії: підсушування (або підв'ялювання) і безпосередньо сушіння. На першій стадії ще тривають життєві процеси зародка і ферментативні процеси. На другій стадії, з підвищенням температури, життєдіяльність зародка і активність ферментів практично припиняються, і в цей час відбуваються лише хімічні процеси. В залежності від характеру процесів, що відбуваються в солоді, виділяють три стадії сушіння: фізіологічну, ферментативну та хімічну.

Фізіологічна фаза - це час нагрівання солоду від 20–25°C до 45°C. При цьому продовжується зростання зародка і корінців, протікають ферментативні процеси, вологість солоду зменшується до 30%.

Ферментативна фаза відбувається в інтервалі температур 45–70°C, коли зростання зародка припиняється, а ферментативні, зокрема гідролітичні процеси, посилюються, так як оптимальна дія гідролітичних ферментів спостерігається в інтервалі 45–60°C.

Хімічна фаза - це перебування солоду при температурах 75–105°C. З підвищенням температури більше 75°C всі ферментативні реакції

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Чепеляк О.М.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Ващук А.О.	Назва, додаткова назва Будова та принцип роботи обладнання. Опис запропонованого технічного рішення		220790.KP.21.004 ПЗ			
	Документ затверджено Гавва О.М.			Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/6

припиняються, так як ферменти частково інактивуються, а через низьку вологість – не виявляють своєї дії.

Хімічна фаза сушіння солоду характеризується формуванням аромату, частковою інактивацією ферментів та коагуляцією (згортанням) білків. Також відбувається інтенсивне утворення меланоїдинів - продуктів взаємодії амінокислот і редукуючих цукрів. Під час меланоїдинової реакції утворюються різні альдегіди (оксиметилфурфурол, ацетальдегід, метилгліюксаль тощо), які надають солоду приємний смак і аромат. Кінцеві продукти цієї реакції (речовини коричневого кольору) визначають колір солоду. Меланоїдини мають слабокислу реакцію і володіють редукуючими властивостями, сприяють піноутворенню, оскільки частина їх перебуває в колоїдному стані. Швидкість реакції меланоїдиноутворення залежить від температури, концентрації аміноз'єднувальних і редукуючих цукрів, рН середовища.

Сушарки безперервної дії типу ЛСХА сконструйовані як дві вертикальні сітчасті шахти, заповнені солодом, який безперервно опускається під дією гравітаційних сил. Горизонтальні перегородки і канали, а також зовнішній корпус змушують сушильний агент чотири рази зигзагоподібно перетинати сітчасті шахти. З верхньої камери солод самопливом потрапляє в шахти, де відбуваються всі технологічні фази сушіння зі зниженням вологості від 40–43 до 3–5%. Час проходження солоду через сушарку становить 10–12 год.

Сушильний агент рухається так: холодне повітря нагнітається в калорифер, потім повітря, нагріте до 80–85°C, подається в нижню частину середнього повітряного каналу.

Проходячи двічі крізь шар солоду, тепле повітря змішується з холодним додатковим повітрям і проходить по нижньому коробі. Верхні короба подають додаткове холодне повітря у верхню зону сушарки. Відпрацьоване повітря відсмоктується вентилятором, розміщеним у верхній зоні сушарки в середньому повітроводі.

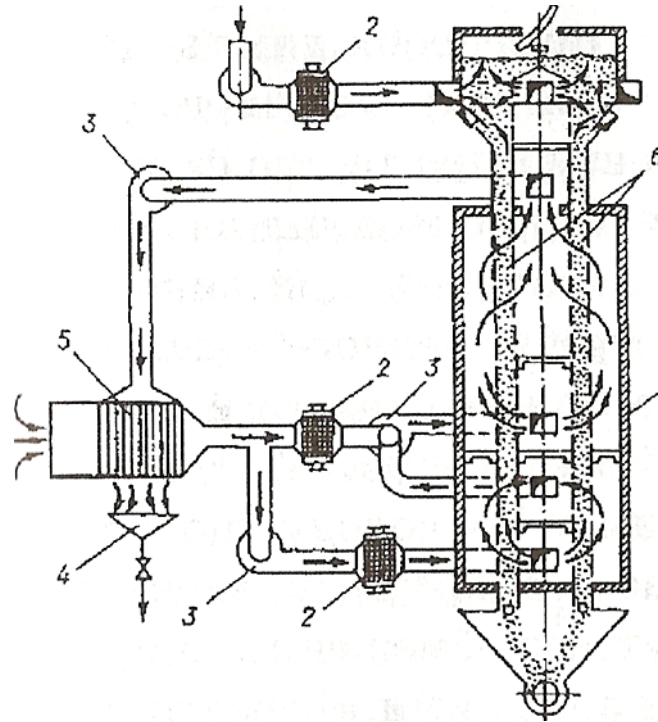


Рис. 4.1. Схематичне зображення вертикальної солодосушарки безперервної дії типу ЛСХА:

1 – корпус сушарки; 2 – калорифери для підігрівання повітря; 3 – вентилятори; 4 – збірник конденсату; 5 – скляний теплообмінник; 6 – вертикальні сітчасті шахти

Солод стабільно просувається вниз по сушильним шахтам у вигляді неперервного потоку. Шахти поступово розширюються вниз, щоб запобігти затримці солоду між решітками.

Після цього сухий солод потрапляє в розвантажувальні шахти, які, подібно до завантажувальних, служать засувкою, що перешкоджає втраті теплого повітря з нижньої зони сушарки. Вони також необхідні для утримання сухого солоду при високій температурі.

Солод вивантажується в бункер за допомогою вивантажувальних валків, звідки він потім видаляється за допомогою шнека. Щоб запобігти подальшим перетворенням і втратам речовин, процес пророщування припиняють шляхом підсушування і сушіння.

При цьому вони мають наступні цілі:

- необхідно зменшити вологість з більше ніж 40 до 5% і тим самим забезпечити необхідну механічну і біологічну придатність солоду для довготривалого зберігання;
- шляхом зниження вологості слід припинити всі життєві процеси в солоді, перш за все проростання і розчинення, а також подальшу активність ферментів;
- слід зберегти активний потенціал ферментів, якщо це можливо;
- необхідно приділити значну увагу створенню або запобіганню створенню фарбувальних і ароматичних речовин (в залежності від типу солоду);
- необхідно відокремити і видалити паростки.

Частина високомолекулярних білків, що міститься в солоді, при тепловій обробці згортається, що позитивно впливає на процеси освітлення суслу і пива. Солодові паростки, які мають неприємний гіркий смак, стають крихкими і легко відділяються.

Солод як об'єкт сушки можна характеризувати наступними показниками:

перша критична вологість, яка розділяє періоди постійної і знижувальної швидкості сушіння, становить приблизно 38 % від загальної маси (або приблизно 62 % від маси сухих речовин);

гігроскопічна вологість солоду – 23–26 % від загальної маси (або 30–35 % від маси сухих речовин);

найважче видаляється волога з солоду при вологості 9 % від загальної маси (або 10 % від маси сухих речовин) і нижче;

рівноважна вологість солоду залежить від відносної вологості повітря і його температури.

Сушильні апарати безперервної дії типу ЛСХА, які є частиною класичної технологічної схеми виробництва пивоварного солоду, мають значні недоліки: низьку продуктивність, нерівномірний рух солоду, а отже, й нерівномірне сушіння і термічне оброблення, в результаті чого кінцевий продукт має низьку якість. Крім того, вони характеризуються високою питомою матеріаломісткістю.

З метою вдосконалення конструкції солодосушарки пропонується встановити вузол розрівнювання солоду в системі завантаження, що має велике значення. Розрівнювальний вузол у солодосушарці шахтного типу представляє собою шнек 1, закритий в корпусі 2 (рис. 4.2).

Конструкція розрівнювального пристрою впливає на час перебування солоду в зоні його висушування. Розрівнювання солоду в солодосушарці здійснюється за допомогою радіально встановленого шнека. Солод завантажуються на рухомий шнек посередині, і шнек розподіляє солод до периферії завантаження.

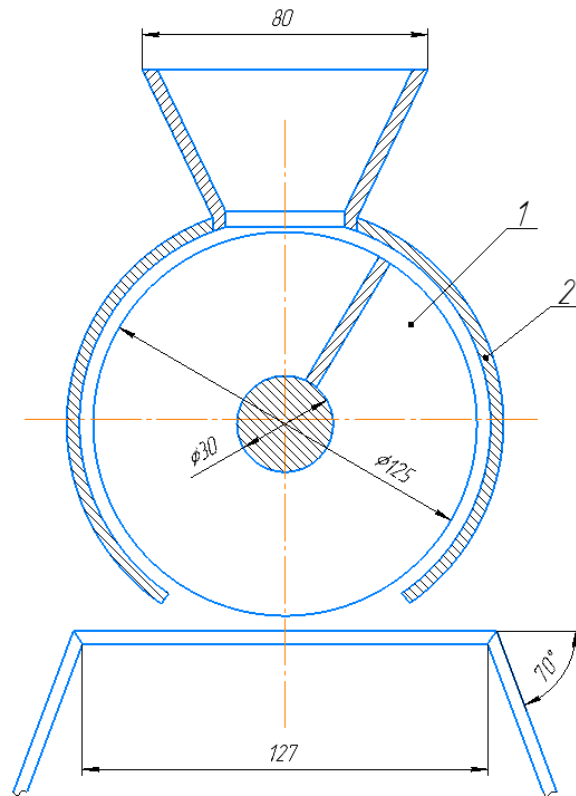


Рис. 4.2. Конструкція розрівнювального пристрою

Для підвищення продуктивності сушарки було здійснено заміну привода та встановлено варіатор швидкості для контролю швидкості вивантажувальних валків. Регулювання швидкості вивантаження солоду сприяє покращенню якості сушіння сировини на фінальному етапі сушіння (в 4-й зоні), що в свою чергу підвищує якість висушеного солоду. Використання цього варіатора швидкості, який контролює швидкість вивантажувальних валків, дозволяє вдосконалити роботу солодосушарки і, відповідно, покращити процес сушіння солоду.

5. Вибір конструкційних матеріалів

Матеріали мають різні властивості, включаючи фізичні, хімічні, технологічні, механічні, трибологічні та санітарно-гігієнічні. У сфері харчового машинобудування особливо важливими є хімічні та санітарно-гігієнічні властивості матеріалів.

Хімічні властивості матеріалів визначають їхню сумісність з робочим середовищем, що є однією з умов їх використання в будь-якій конструкції. Технологічні процеси в харчовій промисловості відбуваються при різних умовах: високих і низьких температурах, високому тиску і вакуумі, великих швидкостях потоків, тривалому витримуванні харчових середовищ в стані спокою, зі змінами рН середовищ в широкому діапазоні. Все це впливає на агресивність харчових середовищ.

Багато харчових середовищ є електролітами, тому корозія в них має електрохімічний характер. Хімічна природа електроліту визначається наявністю в складі середовищ кислот і мінеральних речовин. Кількість і ступінь дисоціації кислот і мінеральних речовин, в основному, визначають агресивність середовища.

На різних етапах технологічного процесу хімічні властивості середовищ змінюються, що впливає на їх корозійний вплив на поверхню апаратів. Безпосередній контакт з технологічними і харчовими середовищами, тривала безперервна робота, абразивна дія деяких харчових продуктів, агресивний вплив навколишнього середовища, миючих і дезінфікуючих розчинів, а також інші специфічні умови визначають особливі вимоги до вибору і призначення конструкційних матеріалів.

Апарати харчових виробництв періодично піддаються впливу агресивних мийних і дезінфікуючих розчинів. Найбільш агресивну дію на технологічні апарати і збірники дезінфікуючих розчинів чинять кислотні

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Чепеляк О.М.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Ващук А.О.	Назва, додаткова назва Вибір конструкційних матеріалів		220790.KP.21.005 ПЗ			
	Документ затверджено Гавва О.М.			Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/3

дезінфектори. Виготовлення збірників дезінфікуючих розчинів і трубопроводів з корозійностійких сталей не завжди призводить до підвищення їх корозійної стійкості.

У харчових галузях хімічній корозії піддаються тільки деякі апарати і комунікації допоміжних цехів. Устаткування технологічних цехів в основному піддається електрохімічній корозії. Залежно від агресивності середовища і умов протікання електрохімічних процесів поширені такі види корозії: атмосферна, ґрунтова, електрична, кислотна, сольова, лужна, контактна, біологічна.

Бетонні та залізобетонні конструкції, ємності, збірники, фундаменти обладнання харчових підприємств зазнають інтенсивного корозійного впливу: фізичного, біологічного і фізико-хімічного. Хімічна корозія виникає при дії органічних кислот харчових середовищ на складові частини цементного каменю бетону та залізобетону. Біологічна корозія є наслідком життєдіяльності мікроорганізмів на поверхнях будівельних конструкцій, змочених харчовими середовищами. Фізико-хімічна корозія викликає руйнування будівельних конструкцій, наприклад, при теплообміні з навколишнім середовищем, при дії рідких харчових продуктів в результаті замерзання.

Залежно від середовища, матеріали покриттів можуть бути абсолютно чи відносно нестійкі, наприклад поліхлорвініл нестійкий в житній заквасці. В органічних кислотах, сахарозі, миючих та інших речовинах, що містяться в середовищах харчових виробництв, стійкість полімерів досить велика. Універсальну стійкість до харчових середовищ мають композиції на основі епоксидної смоли. Стійкість захисних покриттів із різних полімерів, що визначається шляхом зміни зовнішнього вигляду і здатності до набухання, під дією деяких органічних середовищ харчових виробництв

У нашому випадку в конструкції солодосушарки будуть використані наступні матеріали:

сталь 12X18H10T за ДСТУ 7809:2015 або AISI 304, що працює в агресивних середовищі за температури 600 °С;

Ст 5 ДСТУ 7809:2015;

СЧ 15 (GG-15 DIN 1691).

Покупні стандартизовані деталі та вузли, які входять до складу сушильної установки: підшипники, манжети та ін., виготовляються з КМ, що передбачені на них стандартом.

6. Розрахункова частина

Технологічний розрахунок солодосушарки

Потужність заводу – 1 500 000 дал. / рік.

Врахуємо необхідність збільшення виробництва на 20 % у літній період (травень – вересень).

Зробимо тепловий розрахунок сушарки солоду для цеху продуктивністю 7 260 000 тонн в рік по товарному солоду.

Визначимо добову продуктивність солодосушарки Пдоб. кг/доб., за формулою:

$$\text{Пдоб.} = 7\,260\,000 / \text{Прд}, \quad (6.1.)$$

де Прд – кількість робочих днів у році, Прд = 330 днів;

$$\text{Пдоб.} = 7\,260\,000 / 330 = 22000 \text{ кг / доб.} = 956,5 \text{ кг/год}$$

Кількість сировини, напівфабрикатів і продукції по основних стадіях виробництва поміщаємо в табл. 6.1.

Таблиця 6.1. Вихідні дані для розрахунку, кг.

Найменування	На 100 кг товарного солоду	На 22 000 кг товарного солоду
ячмінь товарний	141,8	31196
ячмінь відсортований	126,6	27852
зелений солод	168,4	37048
свіжовисушений солод	97,6	21472
відлежаний солод	100,2	22044
товарний солод	100,0	22000
паростки	5,1	1122

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Чепеляк О.М.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Ващук А.О.	Назва, додаткова назва Розрахункова частина		220790.KP.21.006 ПЗ			
	Документ затверджено Гавва О.М.			Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/15

Визначимо кількість води, що видаляється при сушінні солоду без урахування паростків W_0 , кг/доб., за формулою

$$W_0 = P_{\text{зел.с}} - P_{\text{св.с}} \quad (6.2)$$

$$W_0 = 37048 - 21472 = 15576 \text{ кг / доб.}$$

Визначимо кількість свіжовисушених паростків $P_{\text{сух.р}}$, кг/доб. за формулою

$$P_{\text{сух.р}} = \frac{90 \cdot P_p}{100 - W_5}, \quad (6.3)$$

де W_5 – кінцева вологість паростків, %, $W_5 = 3\%$;

$$P_{\text{сух.р}} = \frac{90 \cdot 1122}{100 - 3} = 1041 \text{ кг / доб.} = 45,3 \text{ кг/год}$$

Визначимо кількість вологих паростків $P_{\text{вл.р}}$, кг / доб., за формулою

$$P_{\text{вл.р}} = \frac{90 \cdot P_{\text{сух.р}}}{100 - W_1}, \quad (6.4)$$

де W_1 – початкова вологість паростків, %, $W_1 = 4.3\%$

$$P_{\text{вл.р}} = \frac{90 \cdot 1041}{100 - 4,3} = 979 \text{ кг / доб.}$$

Визначимо кількість води, яка видаляється з паростків в процесі сушіння W_p , кг/доб., за формулою

$$W_p = P_{\text{вл.р}} - P_{\text{сух.р}} \quad (6.5)$$

$$W_p = 1041 - 979 = 62 \text{ кг/доб.}$$

Визначимо загальну кількість води W , кг/доб., яка видаляється в процесі сушіння, за формулою

$$W = W_0 + W_p, \quad (6.6)$$

$$W = 15576 + 62 = 15638 \text{ кг / добу};$$

Визначимо загальну кількість свіжовисушених солоду і паростків g_1 , по формулі:

$$g_1 = P_{\text{св.с}} + P_{\text{сух.р}}, \quad (6.7)$$

$$g_1 = 933,6 + 45,3 = 978,9 \text{ кг / год.}$$

Визначимо загальну кількість зеленого солоду з паростками G_1 , кг/доб., що завантажується в сушилку за формулою

$$G_1 = \text{Пзел.с} + \text{Пвл.р} \quad (6.8)$$

$$G_1 = 37048 + 979 = 38027 \text{ кг/доб.}$$

Визначимо вагу солоду g_2 , кг/год, що надходить в i -у зону за формулою

$$g_2 = g_1 \cdot \frac{100 - W_5}{100 - W_1}, \quad (6.9)$$

де W_i – вологість солоду в i -ій зоні, %;

$$g_2 = 978,9 \cdot \frac{100 - 3}{100 - 26} = 1283,2 \text{ кг/год.}$$

$$g_3 = 978,9 \cdot \frac{100 - 3}{100 - 12} = 1079 \text{ кг/доб.}$$

$$g_4 = 978,9 \cdot \frac{100 - 3}{100 - 6} = 1010 \text{ кг/доб.}$$

Визначаємо кількість видаляється води W_i , яка валяється, кг/год по зонам відповідно до формули

$$W_i = g_i - g_{i+1}, \quad (3.10)$$

де g_i – кількість солоду надходить в i -ую зону, кг/год;

g_{i+1} кількість солоду надходить в $i + 1$ -у зону, кг/год;

$$W_1 = 1653,3 - 128,2 = 1525,1 \text{ кг / год.}$$

$$W_2 = 1283,2 - 1079 = 204,2 \text{ кг / год.}$$

$$W_3 = 1079 - 1010 = 69 \text{ кг / год.}$$

$$W_4 = 1010 - 978,9 = 31,1 \text{ кг / год.}$$

Таблиця 6.2 Розрахунковий режим сушарки

Місце спостереження	Вологість солоду, %	Температура солоду, °C
Зверху 1-ої зони (зелений солод, відпрацьоване повітря)	43	30
Внизу 1-ої зони		
Внизу 2-ої зони	26	50
Внизу 3-ї зони	12	67
Внизу 4-ї зони (сухий солод нагріте повітря)	6	81
	3	85

Визначимо загальний витрата повітря L , кг / год по формулі

$$L = \frac{1000 \cdot W}{d_2 - d_0}, \quad (6.11)$$

де d_2 – вологовміст повітря, що виходить з солодосушарки, г/кг;

d_0 – вологовміст повітря, що входить в солодосушілку, г / кг,

$d_0 = 10,2$ г / кг;

Для літніх умов параметри свіжого повітря визначимо з Id діаграми

t_0 – температура навколишнього повітря, °C, $t_0 = 20$ °C;

φ_0 – відносна вологість, %, $\varphi_0 = 70\%$;

I_0 – ентальпія повітря, кДж / кг, $I_0 = 46,5$ кДж / кг;

Параметри відпрацьованого повітря

$t_0 = 30$ °C; $\varphi_0 = 80\%$; $I_0 = 20,6$ кДж / кг; $d_0 = 22,0$ г/кг;

Визначимо масову витрату повітря для літніх умов за формулою

$$L = \frac{1000 \cdot 679,9}{22 - 10,2} = 57618,6 \text{ кг / год.}$$

Для зимових умов параметри свіжого повітря визначені по Іх діаграмі:

$t_0 = 20$ °C; $\varphi_0 = 80\%$; $d_0 = 0,7$ г / кг; $I_0 = -19,7$ кДж / кг;

Параметри відпрацьованого повітря визначаємо по таблиці:

$t_2 = 27$ °C; $\varphi_0 = 70\%$; $d_2 = 16,2$ г / кг; $I_2 = 68,3$ кДж / кг;

Визначимо масову витрату повітря для зимових умов за формулою

$$L = \frac{1000 \cdot 679,9}{16,2 - 0,7} = 43864,5 \text{ кг / год.}$$

Складемо тепловий баланс

Витрату тепла на підігрівання солоду при температурах (початкова температура солоду 16 °С) визначаємо за формулою

після 1-ої зони 35 °С;

після 2-ої зони 50 °С;

після 3-ї зони 65 °С;

після 4-ї зони 80 °С;

$$QCi = gi + 1 \Delta tCiCi, \quad (6.12)$$

де $gi + 1$ – маса солоду, що знаходиться в $(i + 1)$ –й зоні, кг;

ΔtC – арифметична різниця температур між $(i + 1)$ –й і i зоною, °С;

Ci – теплоємність солоду в i зоні, кДж / (кг · °С), за формулою

$$Ci = 4,186 \cdot (0,34 \frac{100 - W_{i+1}}{100} + \frac{W_{i+1}}{100}), \quad (6.13)$$

де W_{i+1} вологість солоду в $(i + 1)$ –й зоні;

Визначимо витрату тепла QCi , кДж/кг, за формулою (6.12) попередньо визначивши значення Ci в даній зоні за формулою (6.13)

$$C1 = 4,186 \cdot (0,34 \frac{100 - 26}{100} + \frac{26}{100}) = 2,13 \text{ кДж / (кг · °С).}$$

$$QC1 = 1283,2 (35 - 16) \cdot 2,13 = 51931,1 \text{ кДж / год.}$$

Для другої зони

$$C2 = 4,186 \cdot (0,34 \frac{100 - 12}{100} + \frac{12}{100}) = 1,76 \text{ кДж / (кг · °С).}$$

$$QC2 = 1079 \cdot (50 - 35) \cdot 1,76 = 28485,6 \text{ кДж / год.}$$

Для третьої зони

$$C3 = 4,186 \cdot (0,34 \frac{100 - 6}{100} + \frac{6}{100}) = 1,59 \text{ кДж / (кг · °С).}$$

$$QC3 = 1010 \cdot (65 - 50) \cdot 1,59 = 24088,5 \text{ кДж / год.}$$

Для четвертої зони

$$C_4 = 4,186 \cdot (0,34 \frac{100-3}{100} + \frac{3}{100}) = 1,51 \text{ кДж} / (\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}).$$

$$Q_{C4} = 978,9 \cdot (80 - 65) \cdot 1,51 = 22172,1 \text{ кДж} / \text{кг},$$

Конструктивна товщина стінок сушильної камери 142 мм – листова сталь 2 мм, два шари пінобетону по 30 мм і шар поліуретану 80 мм.

Визначимо загальний коефіцієнт теплопередачі K , Вт/(м²·К) стінок камери за формулою

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \left(\frac{\delta}{\lambda} \right) + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (6.14)$$

де α_1 – коефіцієнт теплопередачі від теплоносія до стінки, кДж / (м²·К);

$$\alpha_1 = 5000 \text{ кДж} / (\text{м}^2 \cdot \text{К});$$

$\sum \left(\frac{\delta}{\lambda} \right)$ – сума термічних опорів стінки, (м²·К)/кДж;

α_2 – коефіцієнт теплопередачі від стінки в навколишнє середовище кДж / (м²·К);

$$\alpha_2 = 5000 \text{ кДж} / (\text{м}^2 \cdot \text{К});$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{5000} + 3,06 \cdot 10^{-5} + \frac{1}{5000}} = 2,16 \text{ кДж} / (\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Температуру в приміщенні приймаємо рівною 16 °С.

Визначимо поверхню теплообміну F , м² по зонам відповідно до формули

$$F_i = h_i \cdot b \cdot 40, \quad (6.15)$$

де h_i – висота i -ої зони, м;

b – ширина продуктової шахти, м; ($b = 0,2$ м);

$$F_1 = 0,7 \cdot 0,2 \cdot 40 = 5,6 \text{ м}^2.$$

$$F_2 = 3,49 \cdot 0,2 \cdot 40 = 27,92 \text{ м}^2.$$

$$F_3 = 2,69 \cdot 0,2 \cdot 40 = 21,58 \text{ м}^2.$$

$$F_4 = 2,46 \cdot 0,2 \cdot 40 = 22,08 \text{ м}^2.$$

Визначимо втрати тепла по зонах відповідно до формули

$$Q_I = F_I \cdot K \cdot \Delta t_I; \quad (6.16)$$

де Δt_I – середня різниця температур визначається за формулою, °C,

$$\Delta t_I = \frac{t_{Bi+1} - t_{Bi}}{2} - t_{\text{ПОМ}} \quad (6.17)$$

де t_{Bi+1} температура повітря в $(i + 1)$ зоні, °C;

t_{Bi} – температура повітря в i -ій зоні, °C;

Визначимо втрату тепла в першій зоні, попередньо визначивши різницю температур по формулі (6.17)

$$\Delta t_1 = \frac{50 + 30}{2} - 16 = 24^{\text{пр}} \text{ } ^\circ\text{C}.$$

тоді $Q_1 = 5,6 \cdot 2,16 \cdot 24 = 290,3 \text{ кДж / кг}.$

для другої зони

$$\Delta t_2 = \frac{67 + 50}{2} - 16 = 42,5^{\text{пр}} \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$Q_2 = 27,92 \cdot 2,16 \cdot 42,5 = 2949,8 \text{ кДж / кг}.$$

для третьої зони

$$\Delta t_3 = \frac{81 + 67}{2} - 16 = 58^{\text{пр}} \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$Q_3 = 21,52 \cdot 2,16 \cdot 58 = 2564 \text{ кДж / кг}.$$

для четвертої зони

$$\Delta t_4 = \frac{85 + 81}{2} - 16 = 67^{\text{пр}} \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$Q_4 = 22,08 \cdot 2,16 \cdot 67 = 2861,8 \text{ кДж / кг}.$$

Величиною втрат тепла з повітрям, що йде через нещільності повітропроводів і розвантажувальні отвори шахт, нехтуємо в зв'язку з установкою нагнітального вентилятора безпосередньо у сушарки та засосом частини повітря з приміщення для використання при сушінні.

Визначимо величини втрат тепла Δ_i , кДж / год, по зонам відповідно до формули

$$\Delta_i = W_{it} - Q_{Ci} - Q_i \quad (6.18)$$

$$\Delta_1 = 1525,1 \cdot 16 - 51931,1 - 290,3 = -27819,5 \text{ кДж / год.}$$

$$\Delta_2 = 204,2 \cdot 35 - 28485,6 - 2949,8 = -24288,4 \text{ кДж / год.}$$

$$\Delta_3 = 69 \cdot 50 - 24088,5 - 2564 = -23202,5 \text{ кДж / год.}$$

$$\Delta_4 = 31,1 \cdot 65 - 22172,1 - 2861,8 = -23012,4 \text{ кДж / год.}$$

Визначимо загальну величину втрат за формулою

$$\Delta = \sum_{i=1}^4 \Delta_i, \quad (6.19)$$

$$\Delta = -27819,5 - 24288,4 - 23202,5 - 23012,4 = -98322,8 \text{ кДж / год.}$$

Все необхідне для сушки тепло в сушарку підводиться за допомогою нагрітого в калорифері повітря.

Визначимо масову витрату повітря L_K , що проходить через калорифер, за формулою

$$L_K = \frac{L \cdot (I_2 - I_0) - \Delta}{I_1 - I_0} \quad (6.20)$$

З діаграми вологого повітря для літніх умов визначаємо параметри:

$$I_1 = 113,1 \text{ кДж / кг; } t_1 = 85^\circ\text{C; } d_0 = 10,2 \text{ г / кг;}$$

тоді

$$L_K = \frac{57618,6 \cdot (86,3 - 46,5) + 98322,8}{113,1 - 46,5} = 35909,1 \text{ кг / год.}$$

Для досягнення встановленого температурного режиму у другій і третій зоні до нагрітого повітря додається зовнішнє повітря, кількість якого визначається за допомогою I_d діаграми.

Через четверту зону сушарки проходить повітря, нагріте в калорифері. Кількість води видаляється в третьої та четвертої зоні становить 100,1 кг/год,

Вологовміст повітря при виході з третьої зони визначимо за формулою

$$D_3 = d_0 + \frac{W_{3-4} \cdot 1000}{L_K}, \quad (6.21)$$

$$d_3 = 10,2 + \frac{100,1 \cdot 1000}{35909,1} = 12,99 \text{ г/кг.}$$

З діаграми видно, що при виході з третьої зони повітря має температуру 75 °С і вологість близько 5%. Щоб знизити температуру до 67 °С доводиться додавати свіжий припливне повітря, кількість якого визначимо із співвідношення

$$L1 = LK \cdot \frac{B_1 C_1}{AB_1} \quad (6.22)$$

$$L1 = 35909,1 \frac{10}{45} = 7979,8 \text{ кг/год.}$$

Визначимо вологовміст повітря після другої зони за формулою

$$D2 = d3 + \frac{w_2 \cdot 1000}{L_K + L_1}, \quad (6.23)$$

$$d2 = 12,99 + \frac{204,2 \cdot 1000}{35909,1 + 7979,8} = 17,6 \text{ кг / год.}$$

При виході з другої зони повітря має температуру 54 °С.

Розрахунок за допомогою Id діаграми показує, що необхідна добавка свіжого повітря в такій кількості, щоб температура суміші становила 47 °С.

Визначимо кількість додаткового повітря L2, кг / год за другою зоною зі співвідношення

$$L2 = (L_K + L_1) \frac{B_2 C_2}{AB_2} \quad (6.24)$$

$$L2 = (35909,1 + 7979,8) \frac{8,5}{26} = 14349,3 \text{ кг / год.}$$

Знаходимо загальну масову витрату повітря L! кг/год, в літній період по формулі

$$L! = LK + L1 + L2, \quad (6.25)$$

$$L! = 35909,1 + 7979,8 + 14349,3 = 58238,2 \text{ кг / год.}$$

Різниця між масовими витратами повітря становить 619,6 кг/год або 1,06%.

Визначимо кількість повітря, що нагрівається в калорифері, в зимовий період за формулою (6.20)

$$LK = \frac{43864,5 \cdot (68,3 - (-19,7)) + 98322,8}{87,1 - (-19)} = 37308,2 \text{ кг / год.}$$

Перевірку параметрів повітря і визначення кількості повітря, що підводиться в окремі зони, проводимо по Id діаграмі.

Визначаємо вологовміст повітря при виході з третьої зони за формулою (6.21)

$$d3 = 0,7 + \frac{100,1 \cdot 1000}{37308,2} = 3,38 \text{ г / кг.}$$

Масова витрата додаткового повітря при вході в другу зону в зимовий період дорівнює за формулою (6.22)

$$L1 = 37308,2 \frac{9}{80} = 4197,2 \text{ кг / год.}$$

Визначимо вологовміст повітря після другої зони за формулою (6.23)

$$d2 = 3,38 + \frac{204,2 \cdot 1000}{37308,2 + 4197,2} = 8,3 \text{ кг / год.}$$

Визначимо масову витрату додаткового повітря при вході в першу зону за формулою (6.24)

$$L2 = (37308,2 + 4197,2) \frac{5}{67,5} = 3074,5 \text{ кг / год.}$$

Знаходимо загальну масову витрату повітря в зимовий період часу по формулі (6.25)

$$L! = 37308,2 + 4197,2 + 3074,5 = 44579,6 \text{ кг / год.}$$

Різниця між масовими витрат L і $L!$ складає 715,1 кг / год, що дорівнює 1,6%, що допустимо.

Визначимо витрата тепла на сушку в зимовий період часу по формулі

$$Q3 = LK (I1 - I2) \quad (6.26)$$

$$Q3 = 37308,2(87,2 - 19,7) = 2518303,5 \text{ кДж / год.}$$

Визначимо витрата тепла на сушіння в літній період часу по формулі (6.26)

$$Q3 = 35909,1(113,1 - 46,5) = 2391546,06 \text{ кДж / год.}$$

Проектування і розрахунок теплоутилізатора

Визначення конструктивних параметрів теплоутилізатора

При проектування конструкцій теплоутилізаторів необхідно прагнути, щоб його теплотехнічні характеристики були оптимальними.

Під оптимальними маються на увазі такі характеристики, які дозволяють забезпечити найбільшу економію теплоти при мінімальних витратах на виготовлення, монтаж та експлуатацію теплоутилізатора.

До основних теплотехнічних характеристиках теплоутилізатора відносяться: 1) коефіцієнт температурної ефективності ξ_t , 2) номінальна масова швидкість V_p , кг / (м² с) повітряних потоків до каналів теплоутилізатора, дані характеристики визначають його поверхню теплообміну, втрати тиску, габаритні розміри, матеріал для його виготовлення.

Теплопродуктивність теплоутилізатора Q , кДж / год, визначимо за формулою

$$Q = 3600 \cdot 10^{-9} \cdot G \cdot C_p \cdot \varepsilon_t (t_Y - t_{CP}) , \quad (6.27)$$

де G – масова пропускна здатність теплоутилізатора, кг / с, $G = 20,5$ кг/с,

C_p – питома теплоємність повітря, кДж / (кг К), $C_p = 1,005$ кДж / (кг · К),

ξ_t – коефіцієнт температурної ефективності, $\xi_t = 0,75$,

t_Y – температура повітря, що видаляється, °С, $t_Y = 30$ °С,

t_H – температура зовнішнього повітря, °С, $t_H = 10$ °С,

$$Q = 3600 \cdot 10^{-9} \cdot 20,5 \cdot 1,005 \cdot 10^3 \cdot 0,75(30 - 10) = 1112535 \text{ кДж / год.}$$

Величину поверхні теплообміну F_T , м², визначимо за формулою

$$F_T = 123 \cdot G \cdot \frac{\varepsilon_t}{1 - \varepsilon_t} \cdot \frac{1}{(v \cdot \rho)^{0.8}} , \quad (6.28)$$

де v – швидкість руху повітря в каналах теплоутилізатора, м / с,

ρ – щільність повітря, кг / м³, $\rho = 1,165$ кг/м³,

Виходячи з практичного досвіду експлуатації пластинчастих теплоутилізаторів найбільш оптимальне значення швидкості потоків повітря

$$V = 4 \text{ м / с.}$$

$$F_T = 123 \cdot \frac{0,75}{1 - 0,75} \cdot \frac{1}{(4 \cdot 1,165)^{0,8}} = 2255 \text{ м}^2.$$

Визначимо конструктивні параметри теплоутилізатора

Величину умовного проходу S , м^2 , для руху теплоносія визначимо за формулою

$$S = \frac{G}{V \cdot \rho}, \quad (6.29)$$

$$S = \frac{20,5}{4 \cdot 1,165} = 4,4 \text{ м}^2.$$

При проектуванні теплоутилізатора для раціоналізації конструкції рекомендують приймати кубічну форму камери теплообміну.

Площа поверхні $S_{\text{бок}}$, м^2 , межі куба буде дорівнює $S_{\text{бок}} = 8,8 \text{ м}^2$.

Обсяг камери теплообміну $V_{\text{к.т}}$, м^3 , знайдемо по формуле

$$V_{\text{к.т.}} = \sqrt{S_{\text{бок}}^3}, \quad (6.30)$$

$$V_{\text{к.т.}} = \sqrt{8,8^3} = 26,1 \text{ м}^3.$$

Площа пластини теплообміну дорівнює $S_{\text{плас}} = 8,8 \text{ м}^2$, тоді її розміри $1 \times 1 - 2,96 \times 2,96 \text{ м}$.

Число пластин знайдемо за формулою

$$n = \frac{F_T}{F_{\text{ПЛАС}}}, \quad (6.31)$$

$$n = \frac{2255}{8,8} = 256$$

Загальна кількість пластин 258 (2 на бічні стінки).

Відстань між пластинами h , м , так само

$$h = \frac{l}{n + 1}, \quad (6.32)$$

$$h = \frac{2,96}{256 + 1} = 0,011 \text{ м}.$$

При виготовлення камери теплообміну теплоутилізатора необхідно

прагне до найменшої величини термічного опору пластини.

Приймаємо пластину, яка має товщину стінки 0,5 міліметра.

Підбір матеріалу для виготовлення поверхні теплообміну теплоутилізатора

Так як теплоутилізатор проектуємо на рівні витрати припливного і повітря, що видаляється при перехресній схемі руху теплоносіїв, можна використовувати відому формулу В.М. Кейсі і А.Л.Лондона

$$\xi_t = \frac{\frac{K \cdot F_T}{G \cdot C_p} \cdot 10^{-3}}{1 + \frac{K \cdot F_T}{G \cdot C_p} \cdot 10^{-3}} \quad (6.33)$$

де K —коефіцієнт теплопередачі, Вт / (м² · К).

F_T — поверхні теплообміну теплоутилізатора, м², $F_T = 2255$ м²;

G — масова пропускна здатність теплоутилізатора, кг / с, $G = 20,5$ кг / с;

C_p — питома теплоємність повітря, кДж/(кг · К), $C_p = 1,005$ кДж / (кг · К);

Вирішуючи рівняння (6.33) щодо D_0 отримаємо

$$K = \frac{\varepsilon_t}{\left(\frac{F \cdot 10^{-3}}{G \cdot C_p} - \frac{\varepsilon_t \cdot F \cdot 10^{-3}}{G \cdot C_p} \right)} \quad (6.34)$$

$$K = \frac{0.75}{\left(\frac{2255 \cdot 10^{-3}}{20.5 \cdot 1.005} - \frac{0.75 \cdot 2255 \cdot 10^{-3}}{20.5 \cdot 1.005} \right)} = 27.4 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)}.$$

Матеріал пластин теплоутилізатора визначимо щодо величини коефіцієнта теплопровідності λ , Вт / (м · К).

Інакше величина K дорівнює

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (6.35)$$

де α_1 , α_2 — коефіцієнти тепловіддачі відповідно від витяжного повітря до пластини і від пластини до припливного повітря, Вт / (м² · К).

δ – товщина пластини, м, $\delta = 0,0005$ м.

λ – коефіцієнт теплопровідності пластини, Вт / (м · К).

Вирішуючи рівняння щодо λ , Вт / (м · К), отримаємо залежність

$$\lambda = \frac{\delta}{\frac{1}{K} - \frac{1}{\alpha_1} - \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (6.36)$$

Для визначення λ необхідно знайти величини α_1 і α_2 .

Рух в каналах турбулентний, тоді величину коефіцієнтів тепловіддачі α_1 і α_2 , Вт / (м² · К), визначимо за формулою

$$\alpha_1 = \alpha_2 = 0,018 \cdot \left(\frac{V \cdot d}{\nu} \right)^{0,94} \cdot \frac{\lambda_B}{d}, \quad (6.37)$$

де V – швидкість руху повітря в каналах теплоутилізатора, м / с, $V < 4$ м / с.

d – еквівалентний діаметр каналу, м.

ν – кінематична в'язкість повітря, $\nu = 1,91 \cdot 10^{-5}$ м²/с.

K_B – коефіцієнт теплопровідності повітря, $\lambda_B = 25 \cdot 10^{-3}$ Вт / (м К).

Еквівалентний діаметр каналу визначимо за формулою

$$d = \frac{4 \cdot S}{\Pi} \quad (6.38)$$

де S – площа перерізу одного каналу, м², $S = 0,032$ м².

Π змочений напівпериметр, м, $\Pi = 5,82$ м.

$$d = \frac{4 \cdot 0,032}{5,82} = 0,022 \text{ м.}$$

Значення α_1 і α_2 дорівнюватимуть

$$\alpha_1 = \alpha_2 = 0,018 \cdot \left(\frac{4 \cdot 0,022}{1,91 \cdot 10^{-5}} \right)^{0,94} \cdot \frac{25 \cdot 10^{-3}}{0,022} = 54,82 \text{ Вт / (м}^2 \text{ К)}.$$

Тоді за формулою (3.2.2.4) величина λ Вт / (м К), дорівнює

$$\lambda = \frac{0,0005}{\frac{1}{27,4} - \frac{1}{54,82} - \frac{1}{54,82}} = 218 \text{ Вт / (м К)}.$$

За величиною λ найбільш оптимальним варіантом є алюміній, який має

значення $\lambda = 209,3 \text{ Вт / (м К)}$.

Так як різниця між розрахунковим і прийнятим значенням не більше 5%, немає необхідності уточнювати площу теплообміну.

Визначення втрати тиску в каналах теплоутилізатора

Визначимо втрати тиску P , Па, в каналах теплоутилізатора за формулою

$$\Delta P = \xi_M \cdot \frac{(V \cdot \rho)^2}{2 \cdot \rho} + \frac{0.316}{\left(\frac{V \cdot d}{\nu}\right)^{0.25}} \cdot \frac{\rho \cdot V^2}{2} \cdot \frac{l_K}{2 \cdot S}, \quad (6.39)$$

де ξ_M – коефіцієнт місцевих опорів, $\xi_M = 4,16$.

l_K і S_K – відповідно довжина і ширина каналу, м. $l_K = 2,91 \text{ м}$, $S_K = 0,011 \text{ м}$.

$$\Delta P = 4,16 \cdot \frac{(4 \cdot 1,165)^2}{2 \cdot 1,165} + \frac{0,316}{\left(\frac{4 \cdot 0,022}{1,91 \cdot 10^{-5}}\right)^{0.25}} \cdot \frac{1,165 \cdot 4^2}{2} \cdot \frac{2,91}{2 \cdot 0,011} = 86,3 \text{ Па}.$$

За отриманого значення можна зробити висновок, що спроектований теплоутилізатор має малий гідравлічний опір і на роботу припливних вентиляторів не вплине.

Оцінка ефективності роботи теплоутилізатора

Ефективність теплоутилізатора визначимо по формулі

$$E = n \cdot Q_{\text{утил}} / Q_{\text{сушки}} \quad (6.40)$$

де $Q_{\text{сушки}}$ – затрати теплоти на сушку в літній період за формулою (6.26)

$$Q_{\text{сушки}} = 6157902,6 \text{ кДж / ч}.$$

n – число теплоутилізаторів встановлених в сушарку, $n = 2$.

$Q_{\text{утил}}$ – теплопродуктивність теплоутилізатора,

$$Q_{\text{утил}} = 1112535 \text{ кДж / ч}.$$

$$E = \frac{2 \cdot 1112535}{2391546,06} = 0,93$$

При даній конструкції теплоутилізатора забезпечується економія 93% тепла в літній час.

7. Технологічний маршрут виготовлення деталі

виготовлення деталі «Кришка»

Розрахунок загального припуску заготовки ведемо за найточнішим розміром $\varnothing 85 \text{ h}9$.

Припуск на напівчистове точіння:

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

Rz_1, D_1, Tnp_1 - відповідно висота мікронерівностей, глибина дефектного шару і сумарне значення просторових відхилень при чорновому точінні.

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

При установленні деталі в патроні $Tnp_1=100$ мкм, $E_{y2}=0$.

Тоді $2Z_{2\min} = 2(50 + 50 + \sqrt{100^2 + 0^2}) = 400$ мкм, $2Z_{2\max} = 2Z_{2\min} + T_1 - T_2$

T_1 - допуск при чорновому точінні, $T_1 = IT12 = 350$ мкм,

T_2 - допуск при чистовому точінні $T_2 = IT10 = 140$ мкм.

$$2Z_{2\max} = 400 + 350 - 140 = 610 \text{ мкм}$$

$$2Z_{2\text{ном}} = \frac{2Z_{2\max} + 2Z_{2\min}}{2} = \frac{610 + 400}{2} = 505 \text{ мкм}$$

Припуск на чорнове точіння:

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

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

$Rz_0=200$ мкм; $D_0=300$ мкм; $Tnp_0=1$ мм;

E_{y1} - похибка установлення при чорновому точінні.

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

$$2Z_{1\min} = 2(200 + 300 + \sqrt{1000^2 + 100^2}) = 3009,98 \text{ мкм}$$

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Чепеляк О.М.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Ващук А.О.	Назва, додаткова назва Технологічний маршрут виготовлення деталі		220790.KP.21.007 ПЗ			
	Документ затверджено Гавва О.М.			Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/19

Загальний припуск

$$2Z_{\text{сум}} = \sum_1^i 2Zi_{\text{ном}} = 505 + 3009,98 = 3514,98 \text{ мкм}$$

Приймаємо $2Z_{\text{сум}} = 4 \text{ мм}$.

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_M = \frac{M_{\text{дет}}}{M_{\text{заг}}} = \frac{0,66}{1,37} = 0,48$$

7.1 Технологічний маршрут виготовлення деталі «кришка»

№	Назва операції, переходу	Технологічне обладнання, інструмент оброблюваний, контрольний
10	Заготівельна УЗЗ	
10.1	Ливарна СЧ 25 ГОСТ 1412-85	Відлити заготовку шків за тех. док. ливарних робіт
20	Токарна (УЗЗ)	Верстат 16К20, 3-ох кулачковий патрон
20.1	Торцювати пов.(1) z=2 мм	Різець прохідний відігнутий правий, ВК6, В×Н×L=16×25×140мм, α=8°, γ=10°, φ=45° ШЦ1
20.2	Точити пов.(2) Ø130 мм, l=11 мм.	Різець прохідний відігнутий правий, ВК6, В×Н×L=16×25×140мм, α=8°, γ=10°, φ=45° ШЦ1
20.3	Точити пов.(3) z=2 мм	Різець прохідний відігнутий правий, ВК6, В×Н×L=16×25×140мм, α=8°, γ=10°, φ=45° ШЦ1
20.4	Зняти фаску 2×45° пов.(4)	Різець прохідний відігнутий правий, ВК6, В×Н×L=16×25×140мм, α=8°, γ=10°, φ=45° ШЦ1
20.5	Розточити пов. (4) Ø55	Різець розточний наскрізний-ВК6
20.6	Розточити пов. (4) Ø68	Різець розточний ВК6
30	Токарна (УЗЗ)	Верстат 16К20, 3-ох кулачковий патрон (на розтискання)
30.1	Торцювати пов.(1) z=2 мм	Різець прохідний відігнутий правий, ВК6, В×Н×L=16×25×140мм, α=8°, γ=10°, φ=45° ШЦ1

220790.KP.21.007 ПЗ

Інд. змін.

Дата видання

Мова
UA

Аркуш
2

30.2	Торцювати пов.(2) z=2 мм	Різець прохідний відігнутий правий, ВК6, В×Н×L=16×25×140мм, α=8°, γ=10°, φ=45° ШЦ1
30.3	Розточити пов. (3) Ø85 h9, l=4 мм начорно	Різець упорний правий, ВК6, В×Н×L=16×25×140мм, α=7°, γ=10°, φ=90° ШЦ1
30.4	Розточити пов. (3) Ø85 h9, l=4 мм начисто	Різець упорний правий, ВК6, В×Н×L=16×25×140мм, α=7°, γ=10°, φ=90° ШЦ1
30.5	Розточити пов. (4) Ø80 мм	Різець розточний ВК6. ШЦ-1
40	Свердлильна УЗЗ	Вертикально-свердлильний верстат 2А125, фундаментна плита.
40.1	Свердлити 6 отворів Ø10, l=7 мм. пов.(1)	Свердло Ø10, Р6М5
50	Свердлильна УЗЗ	Вертикально-свердлильний верстат 2А125, кондуктор
50.1	Свердлити 6 отворів М4-7Н, l=10 мм. пов.(1)	Свердло Ø3,5, Р6М5
50.2	Нарізати різь М4-7Н	Мітчик М4-7Н – Р6М5 калібр М12, пробка
60	Мийна	Мийна машина
60.1	Промити деталь	
70	Слюсарна	Верстак
70.1	Зняти задирки і притупити гострі кромки	
80	Контрольна	Стіл контролера

7.2 Розрахунок операції

7.2.1 Токарна операція

Перехід 20.1 Торцювати пов. 1

Загальна глибина різання при обробці заданої поверхні $t = \frac{24 - 20}{2} = 2$ мм.

Подача □табл.. №17 S=0,3...0,4 мм/об. Звіряємо з паспортними даними верстата і приймаємо S=0,3 мм/об.

Визначаємо швидкість різання □Табл.. №20

$$V = \frac{C_v}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,2}} = \frac{365}{120^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,3^{0,2}} = 160,6 \text{ м/хв.}$$

$T=120$ – середнє значення періоду стійкості різця, $C_v=365$ – коефіцієнт швидкості різання для підрізання торців.

Потрібна частота обертів шпинделя верстата

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_3} = \frac{1000 \cdot 160,6}{3,14 \cdot 92} = 555,9 \text{ об/хв}$$

Приймаємо ближчу меншу частоту обертів шпинделя верстата $n_B=500$ об/хв.

Дійсна швидкість різання при таких обертах шпинделя

$$V_D = \frac{\pi \cdot d_3 \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 92 \cdot 500}{1000} = 144,4 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина оброблення для переходу

$$L = l_{DET} + l_1 + l_2 + l_3 = 20,5 + 2 + 2 = 24,5 \text{ мм}$$

l_{DET} - довжина деталі $l_{DET}=20,5$ мм

l_1 - підвід інструменту $l_1 = 2$ мм

l_2 - врізання інструменту $l_2 = 2$ мм

l_3 - перебіг інструменту $l_3=0$

Основний час на виконання переходу

$$t_0 = \frac{L}{n_B \cdot S} = \frac{24,5}{500 \cdot 0,3} = 0,16 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_D = t_1 + t_2 + t_3 = 0,11 + 0,1 + 0 = 0,21 \text{ хв}$$

$t_1 = 0,11$ хв – допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поперечного обточування з установленням різця по упору (Табл..26).

$t_2 = 0,05 + 0,05 = 0,1$ хв. – допоміжний час на зміну частоти обертів шпинделя і подачі.

$t_3=0$ хв – заміну різця.

Перехід 20.2 Точити пов.(2) Ø130 мм, $l=11$ мм.

Приймаємо глибину різання $t = \frac{134-130}{2} = 2 \text{ мм.}$

Подача Табл.. №17 $S=0,6 \div 0,9 \text{ мм/об.}$ Звіряємо з паспортними даними верстата і приймаємо $S_6=0,6 \text{ мм/об.}$

Визначаємо швидкість різання □ Табл.. №20

$$V = \frac{C_v}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,4}} = \frac{243}{120^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,6^{0,4}} = 103,1 \text{ м/хв}$$

Потрібна частота обертів шпинделя верстата

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_3} = \frac{1000 \cdot 103,1}{3,14 \cdot 134} = 245 \text{ об/хв}$$

Приймаємо ближчу меншу частоту обертів шпинделя верстата $n_B=200 \text{ об/хв.}$

Дійсна швидкість різання при таких обертах шпинделя

$$V_d = \frac{\pi \cdot d_3 \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 134 \cdot 200}{1000} = 84,15 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина оброблення для переходу

$$L = l_{DET} + l_1 + l_2 + l_3 = 11 + 2 + 2 = 15 \text{ мм}$$

l_{DET} - довжина деталі $l_{DET}=11 \text{ мм}$

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

l_2 - врізання інструменту $l_2 = 2 \text{ мм}$

l_3 - перебіг інструменту $l_3=0$

Основний час на виконання переходу

$$t_0 = \frac{L}{n_B \cdot S} = \frac{15}{200 \cdot 0,6} = 0,13 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_d = t_1 + t_2 + t_3 = 0,11 + 0,1 = 0,21 \text{ хв}$$

$t_1 = 0,11 \text{ хв}$ – допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поперечного обточування з установленням різця по упору.

$t_2 = 0,05 + 0,05 = 0,1 \text{ хв}$ – допоміжний час на зміну частоти обертів шпинделя і подачі.

$t_3=0 \text{ хв}$ – заміна різця.

Перехід 20.3 Точити пов.(3) $z=2$ мм

Приймаємо глибину різання $t = 2$ мм.

Подача Табл.. №17 $S=0,6 \div 0,9$ мм/об. Звіряємо з паспортними даними верстата і приймаємо $S_s=0,6$ мм/об .

Визначаємо швидкість різання Табл.. №20

$$V = \frac{C_V}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,4}} = \frac{243}{120^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,6^{0,4}} = 103,12 \text{ м/хв}$$

Потрібна частота обертів шпинделя верстата

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_s} = \frac{1000 \cdot 103,12}{3,14 \cdot 130} = 252,6 \text{ об/хв}$$

Приймаємо ближчу меншу частоту обертів шпинделя верстата $n_B=250$ об/хв.

Дійсна швидкість різання при таких обертах шпинделя

$$V_d = \frac{\pi \cdot d_s \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 130 \cdot 250}{1000} = 102,05 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина оброблення для переходу

$$L = l_{DET} + l_1 + l_2 + l_3 = 19 + 2 + 2 = 23 \text{ мм}$$

l_{DET} - довжина деталі $l_{DET}=19$ мм

l_1 - підвід інструменту $l_1 = 2$ мм

l_2 - врізання інструменту $l_2 = 2$ мм

l_3 - перебіг інструменту $l_3=0$

Основний час на виконання переходу

$$t_0 = \frac{L}{n_B \cdot S} = \frac{23}{250 \cdot 0,6} = 0,15 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_d = t_1 + t_2 + t_3 = 0,11 + 0,1 = 0,21 \text{ хв}$$

$t_1 = 0,11$ хв – допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поперечного обточування з установленням різця по упору.

$t_2 = 0,05 + 0,05 = 0,1$ хв – допоміжний час на зміну частоти обертів шпинделя і подачі.

$t_3=0$ хв – заміна різця.

Перехід 20.5 Розточити пов. (4) Ø55, $l=22$ мм.

Приймаємо глибину різання $t = \frac{55-51}{2} = 2$ мм.

Подача Табл.. №17 $S=0,5 \div 0,7$ мм/об. Звіряємо з паспортними даними верстата і приймаємо $S_в=0,5$ мм/об .

Визначаємо швидкість різання Табл.. №20

$$V = \frac{C_v}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,4}} = \frac{223}{120^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,6^{0,4}} = 94,6 \text{ м/хв}$$

Потрібна частота обертів шпинделя верстата

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_з} = \frac{1000 \cdot 94,6}{3,14 \cdot 51} = 590,1 \text{ об/хв}$$

Приймаємо ближчу меншу частоту обертів шпинделя верстата $n_в=500$ об/хв.

Дійсна швидкість різання при таких обертах шпинделя

$$V_d = \frac{\pi \cdot d_з \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 51 \cdot 500}{1000} = 80,1 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина оброблення для переходу

$$L = l_{ДЕТ} + l_1 + l_2 + l_3 = 22 + 2 + 2 = 26 \text{ мм}$$

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

l_1 - підвід інструменту $l_1 = 2$ мм

l_2 - врізання інструменту $l_2 = 2$ мм

l_3 - перебіг інструменту $l_3=0$

Основний час на виконання переходу

$$t_0 = \frac{L}{n_B \cdot S} = \frac{26}{500 \cdot 0,5} = 0,1 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_d = t_1 + t_2 + t_3 = 0,11 + 0,1 + 0,7 = 0,91 \text{ хв}$$

$t_1 = 0,11$ хв – допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поперечного обточування з установленням різця по упору.

$t_2 = 0,05 + 0,05 = 0,1$ хв – допоміжний час на зміну частоти обертів шпинделя і подачі.

$t_3 = 0,7$ хв – заміна різця.

Перехід 20.6 Розточити пов. (4) Ø68 мм.

Приймаємо глибину різання $t = \frac{68-55}{2} = 6,5$ мм.

Подача Табл.. №17 $S=0,3 \div 0,5$ мм/об. Звіряємо з паспортними даними верстата і приймаємо $S_6=0,5$ мм/об .

Визначаємо швидкість різання Табл.. №20

$$V = \frac{C_V}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,4}} = \frac{223}{120^{0,2} \cdot 6,5^{0,15} \cdot 0,5^{0,4}} = 85,3 \text{ м/хв}$$

Потрібна частота обертів шпинделя верстата

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_3} = \frac{1000 \cdot 85,3}{3,14 \cdot 55} = 493,9 \text{ об/хв}$$

Приймаємо ближчу меншу частоту обертів шпинделя верстата $n_B=400$ об/хв.

Дійсна швидкість різання при таких обертах шпинделя

$$V_D = \frac{\pi \cdot d_3 \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 55 \cdot 400}{1000} = 69,1 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина оброблення для переходу

$$L = l_{DET} + l_1 + l_2 + l_3 = 11 + 2 + 2 = 15 \text{ мм}$$

l_{DET} - довжина деталі $l_{DET}=11$ мм

l_1 - підвід інструменту $l_1 = 2$ мм

l_2 - врізання інструменту $l_2 = 2$ мм

l_3 - перебіг інструменту $l_3=0$

Основний час на виконання переходу

$$t_0 = \frac{L}{n_B \cdot S} = \frac{15}{400 \cdot 0,5} = 0,075 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_D = t_1 + t_2 + t_3 = 0,11 + 0,1 + 0,7 = 0,91 \text{ хв}$$

$t_1 = 0,11$ хв – допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поперечного обточування з установленням різця по упору.

$t_2 = 0,05 + 0,05 = 0,1$ хв – допоміжний час на зміну частоти обертів шпинделя і подачі.

$t_3 = 0,7$ хв – заміна різця.

Основний час на виконання операції становить:

$$T_0 = \sum_1^i t_{0i} = 0,16 + 0,13 + 0,15 + 0,1 + 0,075 + 0,18 = 0,795 \text{ хв.}$$

де 0,18 час затрачений на точіння фасок.

Допоміжний час $T_D = 2 \cdot t_y + \sum_1^i t_{\Delta i} = 2 \cdot 0,32 + (0,21 + 0,21 + 0,21 + 0,91 + 0,91 + 0,04) = 3,13$

хв.

Для установлення деталей в патрон $t_y = 0,32$

Операційний час $T_{оп} = T_0 + T_D = 0,795 + 3,13 = 3,925$ хв.

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

$$T_{об} + T_{п.п} = (2,5 + 4,0) \cdot T_{оп} / 100 = 6,5 \cdot 3,925 / 100 = 0,255 \text{ хв.}$$

Штучний час становить $T_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_{п.п} = 3,925 + 0,255 = 4,18$ хв.

Калькуляційний час на виконання операції при виготовленні однієї деталі:

$$T_K = T_{шт} + T_{п.з} / n$$

$T_{п.з}$ – підготовчо-завершальний час на партію деталей.

$$T_{п.з} = 10 + 10 + 2 = 22 \text{ хв.}$$

n – кількість деталей у партії (серії)

Якщо виходити з річної програми 2000 деталей на рік, яка виконується помісячно 10 раз по 200 шт, то

$$T_K = 4,18 + 22 / 200 = 4,29 \text{ хв.}$$

Норма виробітку за 1 год становить:

$$N = 60 / T_K = 60 / 4,29 = 14 \text{ деталей.}$$

Перехід 30.1 Торцювати пов. 1

Загальна глибина різання при обробці заданої поверхні $t = 2$ мм. Подача табл.. №17 $S=0,6 \dots 0,9$ мм/об. Звіряємо з паспортними даними верстата і приймаємо $S=0,6$ мм/об.

Визначаємо швидкість різання Табл.. №20

$$V = \frac{C_v}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,4}} = \frac{304}{120^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,6^{0,4}} = 129 \text{ м/хв.}$$

$T=120$ – середнє значення періоду стійкості різця, $C_v=304$ – коефіцієнт швидкості різання для підрізання торців.

Потрібна частота обертів шпинделя верстата

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_s} = \frac{1000 \cdot 129}{3,14 \cdot 85} = 483,3 \text{ об/хв}$$

Приймаємо ближчу меншу частоту обертів шпинделя верстата $n_B=400$ об/хв.

Дійсна швидкість різання при таких обертах шпинделя

$$V_d = \frac{\pi \cdot d_s \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 85 \cdot 400}{1000} = 106,8 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина оброблення для переходу

$$L = l_{DET} + l_1 + l_2 + l_3 = 17 + 2 + 2 = 21 \text{ мм}$$

l_{DET} - довжина деталі $l_{DET}=17$ мм

l_1 - підвід інструменту $l_1 = 2$ мм

l_2 - врізання інструменту $l_2 = 2$ мм

l_3 - перебіг інструменту $l_3=0$

Основний час на виконання переходу

$$t_0 = \frac{L}{n_B \cdot S} = \frac{21}{400 \cdot 0,6} = 0,1 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_d = t_1 + t_2 + t_3 = 0,11 + 0,1 + 0 = 0,21 \text{ хв}$$

$t_1 = 0,11$ хв – допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поперечного обточування з установленням різця по упору (табл.26).

$t_2 = 0,05 + 0,05 = 0,1$ хв. – допоміжний час на зміну частоти обертів шпинделя і подачі. $t_3 = 0$ хв – заміну різця.

Перехід 30.2 Точити пов.(3) $z=2$ мм

Приймаємо глибину різання $t = 2$ мм.

Подача Табл.. №17 $S=0,6 \div 0,9$ мм/об. Звіряємо з паспортними даними верстата і приймаємо $S_s=0,6$ мм/об .

Визначаємо швидкість різання Табл.. №20

$$V = \frac{C_v}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,4}} = \frac{304}{120^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,6^{0,4}} = 129 \text{ м/хв}$$

Потрібна частота обертів шпинделя верстата

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_s} = \frac{1000 \cdot 129}{3,14 \cdot 130} = 316,02 \text{ об/хв}$$

Приймаємо ближчу меншу частоту обертів шпинделя верстата $n_B=315$ об/хв.

Дійсна швидкість різання при таких обертах шпинделя

$$V_d = \frac{\pi \cdot d_s \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 130 \cdot 315}{1000} = 128,5 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина оброблення для переходу

$$L = l_{DET} + l_1 + l_2 + l_3 = 20,5 + 2 + 2 = 24,5 \text{ мм}$$

l_{DET} - довжина деталі $l_{DET}=20,5$ мм

l_1 - підвід інструменту $l_1 = 2$ мм

l_2 - врізання інструменту $l_2 = 2$ мм

l_3 - перебіг інструменту $l_3=0$

Основний час на виконання переходу

$$t_0 = \frac{L}{n_B \cdot S} = \frac{24,5}{315 \cdot 0,6} = 0,16 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_d = t_1 + t_2 + t_3 = 0,11 + 0,1 = 0,21 \text{ хв}$$

$t_1 = 0,11$ хв – допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поперечного обточування з установленням різця по упору.

$t_2 = 0,05 + 0,05 = 0,1$ хв – допоміжний час на зміну частоти обертів шпинделя і подачі.

$t_3 = 0$ хв – заміна різця.

Перехід 30.3 Розточити пов. (3) Ø85 h9, $l=4$ мм начорно.

Приймаємо глибину різання $t = \frac{89-85}{2} = 2$ мм.

Для чорнового точіння приймаємо $t=1,75$ мм.

Подача Табл.. №17 $S=0,6 \div 0,9$ мм/об. Звіряємо з паспортними даними верстата і приймаємо $S_6=0,6$ мм/об .

Визначаємо швидкість різання Табл.. №20

$$V = \frac{C_V}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,4}} = \frac{177}{120^{0,2} \cdot 1,75^{0,15} \cdot 0,6^{0,4}} = 76,6 \text{ м/хв}$$

Потрібна частота обертів шпинделя верстата

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_3} = \frac{1000 \cdot 76,6}{3,14 \cdot 89} = 274,2 \text{ об/хв}$$

Приймаємо ближчу меншу частоту обертів шпинделя верстата $n_B=250$ об/хв.

Дійсна швидкість різання при таких обертах шпинделя

$$V_d = \frac{\pi \cdot d_3 \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 89 \cdot 250}{1000} = 69,9 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина оброблення для переходу

$$L = l_{DET} + l_1 + l_2 + l_3 = 4 + 2 + 2 = 8 \text{ мм}$$

l_{DET} - довжина деталі $l_{DET}=4$ мм

l_1 - підвід інструменту $l_1 = 2$ мм

l_2 - врізання інструменту $l_2 = 2$ мм

l_3 - перебіг інструменту $l_3=0$

Основний час на виконання переходу

$$t_0 = \frac{L}{n_B \cdot S} = \frac{8}{250 \cdot 0,6} = 0,053 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_d = t_1 + t_2 + t_3 = 0,11 + 0,1 + 0,7 = 0,91 \text{ хв}$$

$t_1 = 0,11 \text{ хв}$ – допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поперечного обточування з установленням різця по упору.

$t_2 = 0,05 + 0,05 = 0,1 \text{ хв}$ – допоміжний час на зміну частоти обертів шпинделя і подачі.

$t_3 = 0,7 \text{ хв}$ – заміна різця.

Перехід 30.4 Розточити пов. (3) Ø85 h9, $l=4 \text{ мм}$ начисто.

Приймаємо глибину різання $t = 0,25 \text{ мм}$.

Подача Табл.. №18 $S=0,15 \div 0,25 \text{ мм/об}$. Звіряємо з паспортними даними верстата і приймаємо $S_g=0,2 \text{ мм/об}$.

Визначаємо швидкість різання Табл.. №20

$$V = \frac{C_v}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,2}} = \frac{213}{120^{0,2} \cdot 0,25^{0,15} \cdot 0,2^{0,2}} = 138,9 \text{ м/хв}$$

Потрібна частота обертів шпинделя верстата

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_s} = \frac{1000 \cdot 138,9}{3,14 \cdot 85,5} = 517,4 \text{ об/хв}$$

Приймаємо ближчу меншу частоту обертів шпинделя верстата $n_B=500 \text{ об/хв}$.

Дійсна швидкість різання при таких обертах шпинделя

$$V_d = \frac{\pi \cdot d_s \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 85,5 \cdot 500}{1000} = 134,2 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина оброблення для переходу

$$L = l_{DET} + l_1 + l_2 + l_3 = 4 + 2 + 2 = 8 \text{ мм}$$

l_{DET} - довжина деталі $l_{DET}=4 \text{ мм}$

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

l_2 - врізання інструменту $l_2 = 2 \text{ мм}$

l_3 - перебіг інструменту $l_3=0$

Основний час на виконання переходу

$$t_0 = \frac{L}{n_B \cdot S} = \frac{8}{500 \cdot 0,2} = 0,08 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_d = t_1 + t_2 + t_3 = 0,11 + 0,1 = 0,21 \text{ хв}$$

$t_1 = 0,11 \text{ хв}$ – допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поперечного обточування з установленням різця по упору.

$t_2 = 0,05 + 0,05 = 0,1 \text{ хв}$ – допоміжний час на зміну частоти обертів шпинделя і подачі.

$t_3 = 0 \text{ хв}$ – заміна різця.

Перехід 30.5 Розточити пов. (4) Ø80.

Приймаємо глибину різання $t = 4 \text{ мм}$.

Подача Табл.. №17 $S = 0,6 \div 0,9 \text{ мм/об}$. Звіряємо з паспортними даними верстата і приймаємо $S_в = 0,6 \text{ мм/об}$.

Визначаємо швидкість різання Табл.. №20

$$V = \frac{C_V}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,4}} = \frac{223}{120^{0,2} \cdot 4^{0,15} \cdot 0,6^{0,4}} = 85,3 \text{ м/хв}$$

Потрібна частота обертів шпинделя верстата

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_s} = \frac{1000 \cdot 85,3}{3,14 \cdot 55} = 493,9 \text{ об/хв}$$

Приймаємо ближчу меншу частоту обертів шпинделя верстата $n_в = 400 \text{ об/хв}$.

Дійсна швидкість різання при таких обертах шпинделя

$$V_d = \frac{\pi \cdot d_s \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 55 \cdot 400}{1000} = 69,1 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина оброблення для переходу

$$L = l_{DET} + l_1 + l_2 + l_3 = 12,5 + 2 + 2 = 16,5 \text{ мм}$$

l_{DET} - довжина деталі $l_{DET} = 12,5 \text{ мм}$

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

l_2 - врізання інструменту $l_2 = 2 \text{ мм}$

l_3 - перебіг інструменту $l_3 = 0$

Основний час на виконання переходу

$$t_0 = \frac{L}{n_B \cdot S} = \frac{16,5}{400 \cdot 0,5} = 0,068 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_D = t_1 + t_2 + t_3 = 0,11 + 0,1 + 0,7 = 0,91 \text{ хв}$$

$t_1 = 0,11 \text{ хв}$ – допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поперечного обточування з установленням різця по упору.

$t_2 = 0,05 + 0,05 = 0,1 \text{ хв}$ – допоміжний час на зміну частоти обертів шпинделя і подачі.

$t_3 = 0,7 \text{ хв}$ – заміна різця.

Основний час на виконання операції становить:

$$T_0 = \sum_1^i t_{0i} = 0,1 + 0,16 + 0,053 + 0,08 + 0,068 = 0,46 \text{ хв.}$$

Допоміжний час $T_D = 2 \cdot t_y + \sum_1^i t_{\Delta i} = 2 \cdot 0,32 + (0,21 + 0,21 + 0,91 + 0,21 + 0,91) = 3,09 \text{ хв.}$

Для установлення деталей в патрон $t_y = 0,32$

Операційний час $T_{оп} = T_0 + T_D = 0,46 + 3,09 = 3,55 \text{ хв.}$

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

$$T_{об} + T_{п.п} = (2,5 + 4,0) \cdot T_{оп} / 100 = 6,5 \cdot 3,55 / 100 = 0,23 \text{ хв.}$$

Штучний час становить $T_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_{п.п} = 3,55 + 0,23 = 3,78 \text{ хв.}$

Калькуляційний час на виконання операції при виготовленні однієї деталі:

$$T_K = T_{шт} + T_{п.з} / n$$

$T_{п.з}$ – підготовчо-завершальний час на партію деталей.

$$T_{п.з} = 10 + 10 + 2 = 22 \text{ хв.}$$

n – кількість деталей у партії (серії)

Якщо виходити з річної програми 2000 деталей на рік, яка виконується помісячно 10 раз по 200 шт, то

$$T_K = 3,78 + 22 / 200 = 3,89 \text{ хв.}$$

Норма виробітку за 1 год становить:

$$N=60/T_K=60/3,89=16 \text{ деталей.}$$

7.1.3 Свердлильна операція

Перехід 40.1 Свердлити отвір Ø10, l=7 мм .

Припуск на оброблення під час свердління становить половину діаметра

свердла, тобто $t = \frac{d_{св}}{2} = \frac{10}{2} = 5 \text{ мм.}$

Вибраємо діапазон подач: $S=0,21...0,25 \text{ мм/об}$ (табл.42)

Приймаємо $S_B=0,25 \text{ мм/об}$

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

$$V_c = \frac{14,2 \cdot d_{св}^{0,25}}{T^{0,125} \cdot S^{0,55}} = \frac{14,2 \cdot 10^{0,25}}{15^{0,125} \cdot 0,25^{0,55}} = 35,6 \text{ м/хв}$$

де $T = 15 \text{ хв.}$ – стійкість свердла (табл. 46)

Розрахункова частота обертання шпинделя:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot d_{св}} = \frac{1000 \cdot 35,6}{3,14 \cdot 10} = 1137,8 \text{ об/хв}$$

Узгоджуємо n_p з паспортними характеристиками верстату 2A125, в даному випадку приймаємо $n_B=1000 \text{ об/хв}$

Дійсна швидкість свердління:

$$V_d = \frac{\pi \cdot d_{св} \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 1000}{1000} = 31,4 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина обробки

$$L = l_{ДЕТ} + l_1 + l_2 + l_3 = 7 + 3 + 5 = 15 \text{ мм}$$

$l_{ДЕТ}$ - глибина різання $l_{ДЕТ} = 7 \text{ мм}$

l_1 - підвід інструменту $l_1 = 3 \text{ мм}$

l_2, l_3 - врізання і перебіг інструменту $l_2 + l_3 = 5 \text{ мм}$ (табл. 48)

Основний час на операцію

$$t_0 = \frac{L_3}{S_g \cdot n_g} = \frac{15}{0,25 \cdot 1000} = 0,06 \text{ хв.};$$

Допоміжний час

$t_{д1} = 0,13$ (табл. 51)

Загальний технологічний час

$$t_0 = \sum_1^i t_{0i} = 0,06 \text{ хв}$$

Додатковий час

$$T_{д} = t_y + \sum_1^i t_{\Delta i}$$

де $t_y = 0,8$ хв (табл..50) – допоміжний час на установлення, кріплення і зняття деталі.

Тоді:

$$T_{д} = 0,8 + 0,13 = 0,93 \text{ хв.}$$

Оперативний час

$$T_{оп} = T_o + T_{д},$$

$$T_{оп} = 0,06 + 0,93 = 0,99 \text{ хв}$$

Штучний час

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

$$T_{об} = 0,015 T_{оп}, T_{пп} = 0,04 T_{оп} \text{ (табл. 49)}$$

$$T_{шт} = 0,99 + 0,015 \cdot 0,99 + 0,04 \cdot 0,99 = 1,04 \text{ хв}$$

Калькуляційний час

$$T_{к} = T_{шт} + \frac{T_{н.з.}}{n}$$

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

$$T_{н.з} = T_{н.з1} + T_{н.з2}$$

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

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

$$T_{пз} = 10 + 3 = 13 \text{ хв}$$

Тоді калькуляційний час буде $T_{к} = 1,04 + \frac{13}{200} = 1,11 \text{ хв}$

Норма виробітку

$$N = \frac{60}{T_k} = \frac{60}{1,11} = 54 \text{ деталі/год}$$

Перехід 40.1 Свердли́ти отвір Ø3,5, l=10 мм .

Припуск на оброблення під час свердління становить половину діаметра

свердла, тобто $t = \frac{d_{св}}{2} = \frac{3,5}{2} = 1,75 \text{ мм.}$

Вибраємо діапазон подач: $S=0,08...0,1 \text{ мм/об}$ (табл.42)

Приймаємо $S_B=0,1 \text{ мм/об}$

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

$$V_c = \frac{14,2 \cdot d_{св}^{0,25}}{T^{0,125} \cdot S^{0,55}} = \frac{14,2 \cdot 3,5^{0,25}}{15^{0,125} \cdot 0,1^{0,55}} = 49,1 \text{ м/хв}$$

де $T = 15 \text{ хв.}$ – стійкість свердла (табл. 46)

Розрахункова частота обертання шпинделя:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot d_{св}} = \frac{1000 \cdot 49,1}{3,14 \cdot 3,5} = 4467,7 \text{ об/хв}$$

Узгоджуємо n_p з паспортними характеристиками верстату 2A125, в даному випадку приймаємо $n_B=2000 \text{ об/хв}$

Дійсна швидкість свердління:

$$V_o = \frac{\pi \cdot d_{св} \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 3,5 \cdot 2000}{1000} = 21,98 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина обробки

$$L = l_{ДЕТ} + l_1 + l_2 + l_3 = 10 + 3 + 2 = 15 \text{ мм}$$

$l_{ДЕТ}$ - глибина різання $l_{ДЕТ} = 10 \text{ мм}$

l_1 - підвід інструменту $l_1 = 3 \text{ мм}$

l_2, l_3 - врізання і перебіг інструменту $l_2 + l_3 = 2 \text{ мм}$ (табл. 48)

Основний час на операцію

$$t_0 = \frac{L_3}{S_g \cdot n_g} = \frac{15}{0,1 \cdot 2000} = 0,075 \text{ хв.};$$

Допоміжний час

$t_{д1} = 0,08$ (табл. 51)

Загальний технологічний час

$$t_0 = \sum_1^i t_{0i} = 0,075 \text{ хв}$$

Додатковий час

$$T_{\text{д}} = t_y + \sum_1^i t_{\Delta i}$$

де $t_y = 0,18 \text{ хв}$ (табл..50) – допоміжний час на установлення, кріплення і зняття деталі.

Тоді:

$$T_{\text{д}} = 0,18 + 0,08 + 0,09 = 0,35 \text{ хв.}$$

де 0,09 – допоміжний час пов'язаний з нарізанням різі.

Оперативний час

$$T_{\text{оп}} = T_0 + T_{\text{д}},$$

$$T_{\text{оп}} = 0,075 + 0,35 = 0,425 \text{ хв}$$

Штучний час

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{оп}} + T_{\text{об}} + T_{\text{пп}},$$

$$T_{\text{об}} = 0,015 T_{\text{оп}}, T_{\text{пп}} = 0,04 T_{\text{оп}} \text{ (табл. 49)}$$

$$T_{\text{шт}} = 0,425 + 0,015 \cdot 0,425 + 0,04 \cdot 0,425 = 0,45 \text{ хв}$$

Калькуляційний час

$$T_{\kappa} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п.з.}}}{n}$$

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

$$T_{\text{п.з}} = T_{\text{п.з1}} + T_{\text{п.з2}}$$

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

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

$$T_{\text{пз}} = 10 + 3 = 13 \text{ хв}$$

Тоді калькуляційний час буде $T_{\kappa} = 0,45 + \frac{13}{200} = 0,51 \text{ хв}$

Норма виробітку

$$N = \frac{60}{T_{\kappa}} = \frac{60}{0,51} = 118 \text{ деталі/год}$$

8. Вимоги щодо монтажу і технічного сервісу

Установка обладнання для сушіння солоду виконується за допомогою зовнішніх компаній, оскільки обсяг роботи є значним. Для реалізації монтажних робіт формується тимчасова команда з власних працівників. Всі компоненти обладнання встановлюються в одному просторі. Місце для кожного елемента обладнання має бути підготовлене заздалегідь. Фундамент має бути рівним.

Перед встановленням на фундамент, механізм підйому секцій ретельно очищається від антикорозійного покриття, яке нанесено на оброблені відкриті і закриті огорожі поверхонь. Очищення проводиться за допомогою дерев'яної лопати та ганчірки. Наприкінці, покриття видаляється за допомогою гасу або авіаційного бензину, а чисті поверхні покриваються тонким шаром мастила.

Деталі та складові частини, які пакуються окремо, очищуються від антикорозійного покриття та встановлюються на механізм підйому та транспортування. Установка механізмів виконується за рівнем за допомогою клинів.

Механізми перевіряються по площині станини у продовжному та поперечному напрямках. Відхилення площини штанги від горизонтального положення не повинно перевищувати 0,8 мм на 100 мм в обох напрямках. Потім колодязі фундаментних болтів заповнюють бетоном. Після його затвердіння затягують гайки фундаментних болтів, перевіряючи горизонтальність площини штанги.

Механізми можуть бути встановлені на підлозі або на рівні. Деякі механізми можуть бути встановлені на віброзахист. Після зовнішнього огляду опори кріпляться до рами механізму. Закріпивши опори гайками на

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Чепеляк О.М.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Ващук А.О.	Назва, додаткова назва Вимоги щодо монтажу і технічного сервісу	220790.KP.21.008 ПЗ				
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/9	

рамі, механізм опускають і дивляться, щоб всі опори були навантажені рівномірно.

Якщо якась опора навантажена нерівномірно, її положення регулюють за допомогою прохідного болта, який має максимальний діапазон регулювання 10 міліметрів. Усі механізми встановлюються на бетонних майданчиках товщиною не менше 100 міліметрів, з допустимим відхиленням від горизонталі не більше 4 міліметрів на довжині 2 метри.

Перед початком експлуатації обладнання необхідно перевірити правильність роботи всіх систем автоматизації та заземлення, а також переконатися, що всі з'єднання добре затягнуті. Під час монтажу слід дотримуватися всіх технічних параметрів, включаючи натяг ланцюгів та їх огороження.

Під час роботи обладнання важливо стежити за якістю і своєчасністю змащування поверхонь. В дні санітарного оброблення виконується технічне обслуговування, яке включає:

- чистку,
- підтягування болтів,
- зовнішній огляд,
- перевірку підшипників і масляних пристроїв.

Під час експлуатації обладнання може потребувати ремонту, який буває планово-попереджувальний, капітальний та поточний. Організація планово-попереджувального ремонту є частиною забезпечення стабільності технологічних процесів у системі управління якістю продукції.

Завдання планово-попереджувального ремонту включають:

- підтримку устаткування в працездатному стані на тривалий час,
- забезпечення високого коефіцієнта використання устаткування,
- попередження передчасного зносу обладнання,

- раціональну організацію ремонту з мінімальними простоями,
- удосконалення методів ремонту та зниження матеріальних витрат на нього.

Планово-попереджувальний ремонт включає в себе:

- технічне обслуговування;
- поточний ремонт;
- середній ремонт;
- капітальний ремонт; Роботу з проведення капітального ремонту керує головний інженер. Середні та капітальні ремонти проводяться відповідно до розробленого річного плану.

Порядок проведення середнього та капітального ремонту визначає служба головного механіка. Під час середнього ремонту виконується:

- перевірка всієї установки з частковим демонтажем всіх основних вузлів та заміною або відновленням окремих найбільш зношених деталей, які не можуть забезпечити нормальну роботу до наступного ремонту.

Під час капітального ремонту виконується:

- повне демонтажування обладнання;
- перевірка всіх вузлів та деталей обладнання;
- приведення допусків та посадок взаємоспряжених деталей, які визначають точність та надійність роботи обладнання, до тих, що були при випуску його заводом-виробником;
- заміна всіх зношених вузлів та деталей або їх виправлення з приведенням до розмірів, встановлених технічними вимогами;
- ретельна перевірка, центрування та балансування вузлів та деталей обладнання;
- перевірка рами установки за потреби.

На основі дефектних відомостей головний механік видає замовлення ремонтній майстерні на виготовлення деталей та вузлів, яких немає на заводі.

Для своєчасного забезпечення деталями обладнання, яке підлягає ремонту, відділ головного механіка виписує наряд не пізніше, ніж за 15 днів до початку ремонту. Після завершення капітального ремонту на установку наноситься дата закінчення ремонту фарбою. Результати проведених ремонтів фіксуються в книзі обліку ремонтів.

Для солодосушарки передбачені такі види ремонтів: капітальний, середній, поточний та технічне обслуговування. Капітальний ремонт проводиться кожні 4 роки, середній – кожні 23 місяці, поточний – кожні 12 місяців. Між плановими ремонтами проводяться 23 технічних обслуговування. Категорія ремонтоскладності солодосушарки становить 143, а тривалість капітального ремонту – 52 години.

Зупинка обладнання на середній і капітальний ремонт проводиться начальником цеху відповідно до затвердженого графіка. Головний механік підприємства забезпечує необхідною технічною документацією для проведення всіх видів ремонтних робіт. Обсяг середніх і капітальних ремонтів визначається механіком цеху спільно з представником відділу головного механіка на підставі дефектних відомостей. Кошторис на капітальний ремонт складається окремо.

Поточний ремонт здійснюється за виробничою необхідністю і включає:

- усунення дрібних дефектів у роботі обладнання,
- заміну дрібних швидкозношуваних деталей, знос яких досяг встановленої межі.

Порядок проведення робіт з технічного обслуговування та поточного ремонту обладнання визначається відповідно до посадових інструкцій, правил технічної експлуатації обладнання, правил і норм з охорони праці та

техніки безпеки, а також керівництвом з планово-попереджувального ремонту і раціональної експлуатації устаткування підприємств пивоварної промисловості.

Технічне обслуговування та поточний ремонт виконуються персоналом цеху. Технічне обслуговування включає в себе такі види ремонту:

- очищення, промивання та обтирання обладнання;
- змащування устаткування, періодична перевірка ефективності гальмівних пристроїв;
- моніторинг стану підшипників, роз'ємних та нероз'ємних з'єднань; Результати оглядів та поточних ремонтів записуються механіком цеху в журнал цеху.

Щодо техніки безпеки при проведенні монтажних робіт солодосушарки, будівельно-монтажні роботи солодосушарки слід виконувати відповідно до проектної документації з організації будівництва та виконання робіт. На ділянці, де проводяться роботи, не допускається виконання інших робіт та перебування сторонніх осіб.

Для забезпечення безпеки при подачі частин солодосушарки до місця їх установки та зборки необхідно детально розробити схеми стропування, підібрати вантажозахоплювальні пристрої в залежності від типу елементів, які монтуються. Перед стропуванням необхідно переконатися в цілісності конструкцій. Стропування елементів та конструкцій слід виконувати за допомогою інвентарних стропів, а при необхідності - спеціально розробленими вантажозахоплювальними пристроями (траверсами, захопленнями).

Такелажні роботи під час монтажу будівельних конструкцій у більшості випадків виконуються на високій висоті. Тому кожен такелажник повинен знати правила техніки безпеки.

До роботи по монтажу будівельних конструкцій допускаються лише робітники, які пройшли вступний (загальний) інструктаж на робочому місці про правила безпечного виконання конкретної роботи.

Проведення інструктажу оформлюється в журналі відповідним записом, який підтверджується підписами співробітника, що отримав інструктаж, і особи, яка проводила інструктаж.

Такелажники, які працюють на висоті з підвищеними вимогами з техніки безпеки, повинні пройти навчання за затвердженою програмою, скласти іспити з техніки безпеки та мати відповідне посвідчення. Їх не допускають до самостійної роботи без проходження навчання. Відповідно до термінів, встановлених Міністерством охорони здоров'я, такелажники проходять попередні та періодичні медичні огляди.

До верхолазних та інших особливо небезпечних будівельно-монтажних робіт допускаються особи, яким виповнилося 18 років. Верхолазними вважаються роботи, що виконуються на висоті більше 5 метрів від поверхні ґрунту, перекриття або робочого настилу, а також роботи з тимчасових монтажних пристосувань або безпосередньо з елементів конструкцій обладнання, машин та механізмів при їх установці, монтажі та ремонті. Працівник при цьому повинен бути в запобіжному поясі.

Адміністрація монтажної дільниці зобов'язана провести технічний огляд усіх монтажних пристосувань, підйомних механізмів і допоміжних пристосувань перед їх використанням. Кожен такелажник повинен знати правила знакової сигналізації, що використовуються під час переміщення вантажів кранами. Місце подачі сигналів повинно бути добре освітлене. У разі недостатнього освітлення, сильного снігопаду, туману або інших умов, коли машиніст крана погано розрізняє сигнали стропальника, роботи з підйому або переміщення вантажів слід припинити.

Такелажні пристрої підлягають періодичному огляду: траверси – кожні 6 місяців, стропи – кожні 10 днів, кліщі й інші захоплення – щомісяця. Результати огляду заносяться в журнал обліку і огляду. Способи стропування повинні виключати можливість падіння вантажу. Важливо, щоб строповка забезпечувала подачу конструкції до місця установки в положення, максимально близьке до проектного. Під час переміщення конструкцій необхідно утримувати їх від розгойдування та обертання, використовуючи відтягнення з конопляного канату або тонкого гнучкого троса. Забороняється перебування людей на конструкціях і елементах під час їх підйому, переміщення та установки.

При монтажі конструкцій важливо дотримуватися вимог, зазначених у Проекті виконання робіт (ППР). Зони, небезпечні для перебування людей, повинні бути чітко позначені попереджувальними знаками безпеки, а при необхідності – ще й звуковими сигналами. Під час переміщення елементів і конструкцій монтажники повинні перебувати поза контуром встановлюваної конструкції. Зняття крокви конструкції допускається лише після її надійного та стійкого закріплення. Для тимчасового закріплення застосовуються розчалювання, які кріплять до надійних опор (якорів). Їх кількість, перетин, способи натягу і місця закріплення визначаються ППР.

Монтаж фундаментів повинен проводитися в заздалегідь виритих, укріплених і підготовлених котлованах або траншеях. Перед початком монтажу необхідно перевірити стан укосів і стінок котлованів і траншей, міцність і надійність кріплень, правильність пристроїв для відведення води, безпеку розташування підйомних механізмів і конструкцій.

При виконанні монтажних або демонтажних робіт на діючому підприємстві, експлуатовані електромережі та інші інженерні мережі в зоні робіт повинні бути відключені і закорочені, а обладнання та трубопроводи

звільнені від вибухонебезпечних, горючих і шкідливих речовин. Використовувати технологічне та монтажне оснащення устаткування і трубопроводи для закріплення без узгодження з відповідальною особою за їх експлуатацію заборонено.

При переміщенні швелерів конструкцій солодосушарки відстань між ними і виступаючими частинами інших конструкцій повинна бути по горизонталі не менше 1 метра, а по вертикалі – 0,5 метра. Під час спуску конструкцій або частин машини під укіс необхідно застосовувати гальмівні засоби, що забезпечують регулювання швидкості спуску.

Монтаж вузлів солодосушарки і ланок трубопроводів поблизу електричних проводів здійснюється тільки після зняття напруги. Якщо це неможливо, роботи повинні виконуватися за нарядом-допуском, затвердженим в установленому порядку. Всі роботи з усунення конструктивних недоліків і ліквідації недоробок на змонтованому технологічному обладнанні проводяться після розробки і затвердження замовником та генпідрядником (спільно з відповідними субпідрядними організаціями) заходів щодо безпечного виконання робіт.

Техніка безпеки при проведенні ремонтних робіт солодосушарки

Ремонтні роботи в приміщенні діючої ділянки можуть здійснюватися тільки з дозволу начальника зміни або головного інженера підприємства чи осіб, які їх заміщають. У разі несправності, що загрожує безпеці працівників, обладнання повинно бути негайно виведено з експлуатації.

До початку ремонту солодосушарки повинні проводитися інструктажі з безпечних методів проведення робіт та забезпечення безпеки працівників на суміжних, близько розташованих виробничих ділянках. Роботи по ремонту солодосушарки проводяться тільки після її повної зупинки, вимкнення напруги та зняття приводних ланцюгів.

До завершення ремонту на пусковому пристрої повинна бути вивішена попереджувальна табличка «Не включати, ремонт!». Працювати слід тільки справним інструментом. Ремонт, наладка та регулювання обладнання на ходу суворо заборонені. Після складання устаткування необхідно ретельно перевірити, чи не залишилися всередині солодосушарки сторонні предмети, такі як гайки, болти чи ключі, щоб уникнути аварій та нещасних випадків.

9. Опис системи управління

В одноярусних сушарках високої продуктивності або солодосушильних ящиках за допомогою самописців визначають основні показники: температуру в ресиверному приміщенні, температуру повітря над ґратами, температуру в різних ділянках і шарах матеріалу, що висушується, продуктивність вентиляторів, тиск під ґратами, положення заслінки випуску повітря та вологість відведеного повітря. Деякі з цих показників можуть бути закладені в програму автоматичного управління процесом сушіння. Періодично, наприклад, при введенні сушарки в експлуатацію, контролюється вологість матеріалу в нижньому і верхньому шарах солоду та хід температур. Проводяться найпростіші аналізи солоду, такі як визначення кольоровості та ступеня оцукрювання. За допомогою ротаметрів контролюються фактичні потоки повітря на різних стадіях сушіння. Під час прийому сушарки в експлуатацію визначають поведінку повітряних потоків при встановленні певного співвідношення рециркуляційного і свіжого повітря. Цінні дані про процес сушіння можуть бути отримані при контролі вологості відведеного повітря за допомогою психрометрів. Крім цього, необхідно стежити за споживанням тепла та енергії.

Наприклад, розробленою програмою при температурах в ресиверному приміщенні 45–65 °С остання температура підтримується доти, поки не буде досягнута контрольна температура відведеного повітря (зазвичай 32–40 °С). Після цього встановлюється жорстко запрограмована підвищена температура сушіння. Підвищення температури рециркуляційного повітря, вибране між 40 і 55 °С, викликає поступове зниження продуктивності вентилятора. Наступний температурний поріг для відведеного повітря визначає подачу рециркуляційного повітря, що супроводжується підвищенням частоти

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Чепеляк О.М.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Ващук А.О.	Назва, додаткова назва Опис система управління	220790.KP.21.009 ПЗ				
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/6	

обертання вентилятора, щоб уникнути уповільнення процесу сушіння. При використанні сушарки з рециркуляцією відпрацьоване повітря від сушильної решітки підводиться до завантаженого свіжопророслого солоду на решітці підсушування, підживлюється необхідною кількістю свіжого повітря і задаються температури камери підігріву. Вентилятори підсушування і сушки регулюються в залежності від заданих режимів сушіння. Всі зазначені характеристики можуть бути відображені у вигляді діаграм. Заходи по догляду і технічному обслуговуванню сушарки повинні охоплювати деталі системи обігріву або теплообміну, вентилятори, сушильні решітки, заслінки і контрольно-вимірювальну апаратуру.

Опис функціональної схеми автоматизації включає такі аспекти:

- автоматичний контроль температур, тиску та напору;
- автоматичну та дистанційну стабілізацію температур;
- автоматичне, програмно-логічне та дистанційне управління

електроприводами та клапанами забезпечується за допомогою спеціально розробленої системи контролю та регулювання температури та тиску в сушильній камері.

Вона включає в себе шість мідних термометрів опору (2А, 3А, 4А, 5А, 6А та 7А), електронний автоматичний регулюючий шеститочковий міст, п'ять електропневматичних реле (ЗПР4) та відповідні виконавчі механізми.

Датчики (1а–1д) передають дані на автоматичний самопишучий шеститочковий міст, який забезпечує регулювання через пусковий пристрій. Крім автоматичного контролю та регулювання температури, для забезпечення зручності обслуговування та підвищення надійності системи, передбачено місцевий контроль за допомогою шести скляних технічних термометрів з ртутним заповненням.

Контроль і регулювання температури здійснюється в різних точках сушильної зони, зокрема:

1. В повітроводі після калорифера камери підв'ялювання (35–40 °С).

2. В повітроводі перед відсмоктуючим вентилятором (28–33 °C).
3. В правій камері сушильної зони (50–55 °C).
4. В лівій камері сушильної зони (50–55 °C).
5. В середній камері сушильної зони (67–70 °C).
6. В повітроводі після калорифера нагнітаючого вентилятора (80–82 °C).

Для дистанційного контролю напору агенту в повітроводі після калорифера нагнітаючого вентилятора використовується мембранний напоромір типу НМ – Ш, позначений як 24. Цей прилад дозволяє виміряти напір агенту в системі з використанням мембранного механізму.

Дистанційний контроль розрідження в повітроводі перед витяжним вентилятором забезпечується за допомогою мембранного показуючого тягоміра, позначеного як 18 типу ТМ – Ш. Цей прилад дозволяє виміряти тиск або розрідження в повітроводі за допомогою мембранного механізму.

Контроль тиску пари в паропроводі здійснюється за допомогою манометра, позначеного як 25. Цей прилад вимірює тиск пари у паропроводі і забезпечує контроль за ним.

Додатково до дистанційного контролю напору і розрідження агентів, для зручності обслуговування також забезпечується місцевий контроль напору і розрідження за допомогою скляних манометрів з водяним заповненням. Використовуються манометри типу ГР – В19 імплементовані в наступних точках:

1. Напір в повітроводі після калорифера камери підв'ялювання.
2. Розрідження в повітроводі перед витяжним вентилятором.
3. Розрідження в паровій зоні сушильної камери.
4. Розрідження в лівій зоні.
5. Розрідження в середній зоні.
6. Напір в повітроводі після калорифера нагнітального вентилятора.

Крім того, для ручного дистанційного керування електроприводами вентиляторів шнека, валиків і розкидача солоду використовуються трійні системи, що складаються з перемикача режиму роботи (8А), кнопочної станції (8В) та магнітного пускача (КМ).

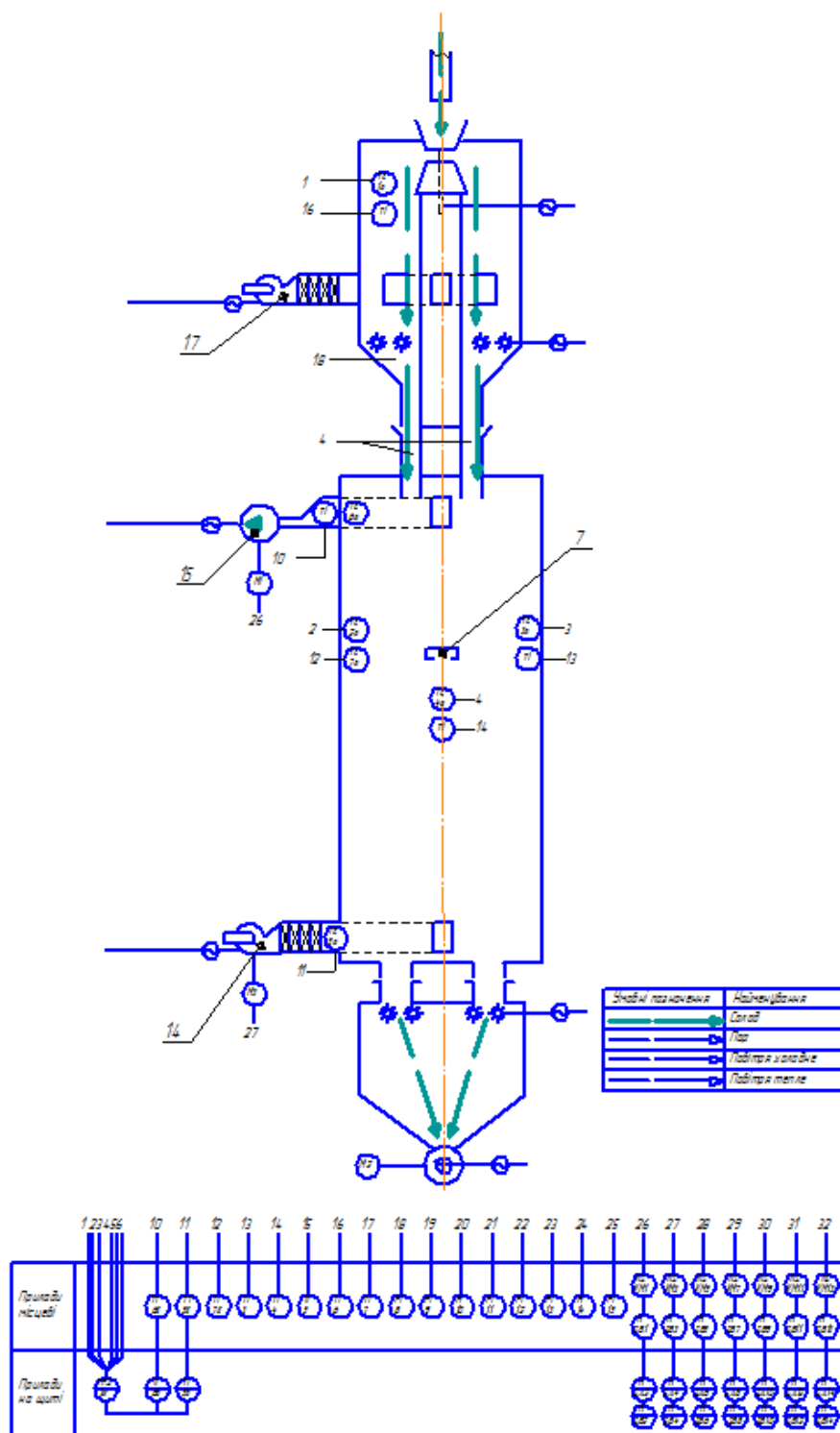


Рис. 9.1. Функціональна схема автоматизації солодосушарки

№ п.п	Машина, апарат	Кількість об'єктів	Парам, місце вибору імп.	Знач. парам, допуст відхилення	Система автоматизування			Місце Регул. Упр.
					Вид сист. автоматиз.	Хар Конт, Регул. Упр.	Доп. Вим. до сист	
1	Камера підв'ял	1	Темпер	28–33С	Контр	Показ, Запис		Щит керуван
					регулюв	Автом. і дистан. стабіл	Дія на подав. пари	Щит керування
			тиск		контр	покази		По місцю
2	Калориф	2	темпер	Нижн зона 80–85С	контроль	Показ, запис		Щит керування
					регулюван	Автомат і дистанц стабіліз	Вплив на подач пари	Щит керування
			напор		контроль	покази		По місцю
3	Повітряні канали	3	темпер	середня зона 60–65С нижня 80–85С	контроль	Показ, запис		Щит керування
					регулюван	стабіліз	Вплив на подач пари	Щит керування
			напор		контроль	покази		По місцю
4	Витяжний канал	4	темпер	50–55С	контроль	Показ, запис		Щит керування
					регулюван	Запне стабіліз	Вплив на подач повітря	Щит керування
			напор		контроль	Покази сигналу		По місцю
5	Електроприводи вентилят, шнека, розкидув солода вальців	6	стан	контроль	сигналізац		Світлова	Щит керування
					керування	Ручне листами	Пуск	Щит керування

6	4а,5а,		50–55	Повітропідвідні				
7	ба.7а		50–55	короба				
			67–70	Повітровід після				
		температура	80–82	калорифера		і		
				нагнітача	Динамомет	ДР–3	6	
				вентилятора	ричний			
8	26–76		50–55	На шипі	регулятор			
		тиск.	50–55	керування				
		розрідже	67–70		Мембранни	ТМ–П1	1	
		ння,	80–82		показуючи			
9	8а,	напор		Повітровід перед	тягомір			
10	9а,			випяжним				
	10а,			вентилятором				
	Па.							
					скляний	ПР–619	6	
					манометр з			
11	12а,			Там також	водяним			
12	13а,			повітровід після	заповнення			
13	14а,			калорифера				
14	15а			камера				
				підв'ялювання				
				повітропідвідні	Мембранни	НМП–	1	
				короба	напоромір	100		
				Повітровід після				
				калорифера				
				нагнітаючого				
				вентилятора				
				Там же				
		Тиск			Манометр	МТИ	I	
15	15а			Паропровід				„маномет
				перед				р"
		температура		калорифером	Пускач	МКР–	5	„Ільмари
				Щит керування	магнітно–	058		на"
					реверсивни			м.Талін
					й 24В			

10. Заходи щодо охороні праці

Аналізуючи виробничий травматизм у солодовому цеху, стає очевидним, що основними причинами травмувань є ушкодження електричним струмом та теплові удари. Необережність та недбалість співробітників у камері сушки спричиняють небезпеку, яка може призвести до важких наслідків, включаючи втрату свідомості. Аналіз ведеться статистичним методом на основі документів про нещасні випадки та актів, що реєструють ці події.

Для зниження рівня виробничого травматизму необхідно впроваджувати організаційні заходи та покращувати трудову та виробничу дисципліну. Основні напрямки ліквідації травматизму включають:

Підготовку спеціалістів по охороні праці та пожежної безпеки, а також підвищення рівня знань з охорони праці серед інженерно-технічних працівників.

Забезпечення працівників всіма необхідними нормативними документами з охорони праці та пожежної безпеки, а також проведення трьохступеневого контролю за їх дотриманням.

Забезпечення правильного утримання обладнання, машин і установок у відповідності з нормативами, що виключає експлуатацію несправного обладнання.

Підвищення якості навчання та інструктажу з техніки безпеки для всіх працівників.

Забезпечення працівників ефективними засобами захисту відповідно до специфіки виробничих процесів.

Ці заходи допоможуть знизити рівень травматизму та забезпечити безпечні умови праці для всього персоналу.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Чепеляк О.М.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Ващук А.О.	Назва, додаткова назва Заходи щодо охороні праці	220790.KP.21.010 ПЗ				
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/9	

Ці законні вимоги є важливим кроком у забезпеченні безпеки та охорони здоров'я працівників на всіх підприємствах. Фінансування охорони праці здійснюється роботодавцем з урахуванням встановлених норм. Для підприємств, незалежно від форми власності, витрати на охорону праці повинні складати не менше 0,5% від суми реалізованої продукції. На підприємствах, фінансованих з бюджету, ці витрати передбачаються в державному або місцевих бюджетах і становлять не менше 0,2% від фонду оплати праці.

Фінансування заходів з охорони праці здійснюється з використанням ФОП (фондів охорони праці) та штрафів. Ці кошти спрямовуються на впровадження заходів для поліпшення умов праці, компенсацію у зв'язку з шкідливими умовами праці та відшкодування наслідків шкідливої дії умов праці на робітника.

Забезпечення фінансування охорони праці відповідно до вимог законодавства дозволяє ефективно впроваджувати заходи з покращення умов праці та забезпечити безпеку та здоров'я працівників.

Дільниця солодосушарки дійсно потенційно небезпечна через великий вміст пилу, високу температуру та протяги, що можуть спричиняти захворювання органів дихання та інші проблеми здоров'я серед персоналу. Щоб зменшити ризики, необхідно вжити належні заходи з охорони праці.

Враховуючи небезпечні фактори, такі як шум, вібрація, механічні травми, електробезпека, теплове випромінювання, вологість та запиленість, необхідно надати персоналу відповідне навчання з правил безпеки та використання засобів індивідуального захисту. Це може включати захисні маски для захисту від пилу, вентиляційні системи для зменшення концентрації пилу в повітрі, а також захисні окуляри та одяг для роботи в умовах високої температури та вологості.

Крім того, важливо проводити регулярні огляди та технічне обслуговування обладнання, щоб уникнути аварійних ситуацій, які можуть

призвести до травм. Впровадження відповідних процедур та контроль за їх дотриманням допоможе знизити ризики для здоров'я персоналу на дільниці солодосушарки. На дільниці є такі небезпечні фактори: Ш – шум, В – вібрація, МТ – механічні травми, Е – електробезпека, Т – теплове випромінювання, ВН – волого виділення, П – запиленість.

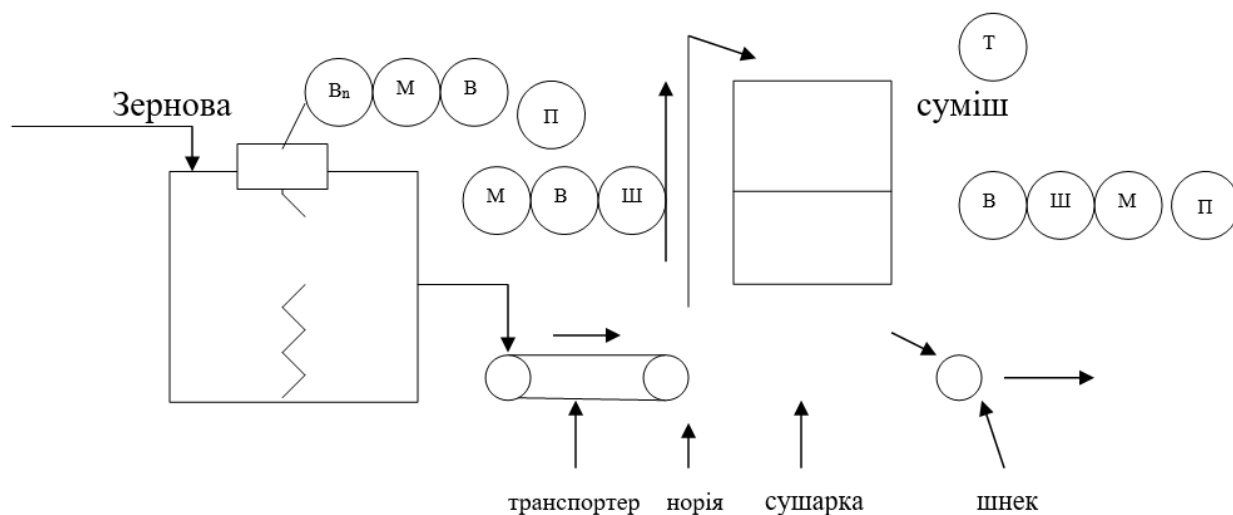


Рис. 10.1 Шкідливі і небезпечні фактори на дільниці солодосушарки

Умови роботи та метеорологічні параметри

Солодовий цех - це споруда, зведена ще на початку поточного століття, з міцними стінами, надійним перекриттям і дахом. Кількість вікон і дверей обмежена, тому вплив метеорологічних умов, таких як вітер, температура, вологість та повітря, на персонал, що працює, мінімальний. Для поліпшення метеорологічних умов цеху використовуються основні заходи, такі як ущільнення отворів (дверей, вікон) та, за необхідності, стін і перекриття.

Метеорологічні умови виробничих приміщень визначаються такими параметрами, як температура повітря в приміщенні (°C), відносна вологість повітря (%), рух повітря (м/с), теплове випромінювання (Вт/м²) і контролюються відповідно до ГОСТ 12.1.005-88 "Система стандартів безпеки праці. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони". Цей стандарт встановлює загальні санітарно-гігієнічні вимоги до показників мікроклімату і допустимий вміст шкідливих речовин в повітрі робочої зони.

Оптимальні і допустимі норми метеорологічних параметрів наведені в таблиці 10.1.

Таблиця 10.1

Оптимальні і допустимі норми температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні виробничого приміщення

Період року	Температура, С					Відносна вологість, %		Швидкість руху, м/с	
	Оптимальна	допустима				оптимальна	допуста на робочому місці постійному і непостійному, не більше	оптимальна	допустима на робочому місці постійному і непостійному, не більше
		верхня границя		нижня границя					
		на робочому місці							
		постійно му	непостійно му	постійно му	непостійно му				
холодний	21...23	25	26	20	17	40...60	75	0,1	Не більше 0,2
теплий	22...24	28	30	22	20	40...60	60 (при 27 С)	0,2	0,1...0,3

Випромінювання тепла

Під час експлуатації солодосушарки виникає теплове випромінювання, що формується внаслідок згорання газу. Однак, оскільки стінки солодосушарки досить товсті (приблизно метр), а двері мають подвійне забарвлення, яке не пропускає тепло, таке випромінювання не становить значної небезпеки для людини, крім випадків, коли вона перебуває безпосередньо всередині сушарки.

Освітлення

Освітлення в приміщеннях для домашнього використання та на виробництві, а також на території підприємства, має відповідати вимогам ДБН В.2.5-28-2006 "Інженерне обладнання будівель і споруд. Природне і

штучне освітлення". Рациональне освітлення виробничих приміщень сприяє зменшенню зорового та загального втомлення, а також ризику травмування.

Освітлення в цеху є комбінованим. Частина світла надходить через вікна, а решта (штучне) використовується як у денний, так і в нічний час як додаткове джерело. Для освітлення приміщень для побуту використовуються лампи накаливання, а для цеху - світильники типу ЛСП-2-40-У4 з люмінесцентними лампами типу ЛБ-40.

Крім основного освітлення, передбачено аварійне освітлення, світильники якого мають бути увімкнені протягом усього часу роботи основного освітлення та позначені відмітними знаками. Аварійне освітлення необхідне для забезпечення продовження роботи і має забезпечувати не менше 5% рівня освітленості, встановленого для системи загального освітлення, на робочих місцях. Для евакуації людей аварійне освітлення має забезпечувати рівень освітленості не менше 5 люксів на підлозі головних коридорів та на сходах у приміщенні.

Аварійне освітлення використовується для забезпечення безпечного перебування обслуговуючого персоналу в відділенні, а також для евакуації людей у разі відключення робочого освітлення. Його підключено на протязі всього робочого часу, оскільки потрібна освітленість в приміщенні досягається при одночасній роботі робочого і аварійного освітлення.

Ремонтне освітлення

Для проведення ремонтних робіт з обслуговування обладнання використовується сітка ремонтного освітлення з напругою 36 В.

Шум і вібрація: методи боротьби.

У виробничому приміщенні основним джерелом шуму є насоси. Рівень звуку від цих насосів, згідно з проектом, не перевищує допустимий ліміт - 75 децибел.

У цеховому приміщенні джерелами шуму є машини, що складають основну частину обладнання цеху, а також транспортні пристрої, які їх з'єднують.

Щоб уникнути накладання звукових полів обладнання одне на одне, його розміщують вздовж периметра будівлі у спеціальних ізольованих капітальними стінами приміщеннях.

Під час запуску та налагодження обладнання необхідно здійснювати статичне та динамічне балансування рухомих частин.

Для зниження рівня звукового тиску від сантехнічного обладнання до допустимого за ГОСТ 12.1.003-76 "Система стандартів безпеки праці. Шум. Загальні вимоги безпеки" передбачаються такі заходи: вентилятори встановлюються у спеціальних ізольованих приміщеннях (вентиляторних камерах); передбачений плавний підвід повітря до вхідних патрубків вентиляторів;

У виробі передбачено використання гнучких вставок для приєднання повітропроводів до входів і вихідних патрубків вентиляторів, які оснащені пружинними амортизаторами. Щодо заходів щодо зменшення шуму, він походить від електродвигунів, насосів та транспортерів у цеху розливу. Рівень шуму у відділенні відповідає нормативам, не перевищуючи 45 дБ, тому немає потреби в проведенні спеціальних заходів.

Збільшення потужностей та швидкостей у виробництві може спричинити небажані вібрації, що негативно впливають на працівників та продуктивність роботи, а також можуть призвести до серйозних проблем зі здоров'ям. Механізація та автоматизація підприємства є ефективним способом уникнення негативних наслідків від впливу вібрацій.

Вібрації - це механічні коливання машин, механізмів та їх складових частин. Найпоширенішими є гармонічні (синусоїдальні) коливання. Для зменшення вібрацій часто використовується метод вібродемпфінування, коли енергія механічних коливань перетворюється на інші види енергії, зазвичай

Для захисту будівель від прямих ударів блискавки металеві ферми перекриття з'єднуються сталюю полоєю вздовж периметру будівлі, яка

також з'єднана зі струмовідводами та заземленням. Зовнішній контур заземлення складається з електродів з круглої сталі діаметром 12 мм та довжиною 5 м, які вбиваються в землю на глибину 0,5 м або більше від рівня ґрунту. Ці електроди з'єднані між собою за допомогою сталевих стрижнів розміром 40x40 мм, звареної до кожного електрода з використанням електрозварювання. Внутрішній контур заземлення всіх об'єктів, що проектується, виконаний за допомогою стрижневої сталі розміром 254 мм та нульових кабелів.

Для забезпечення необхідної температури, вологості та обміну повітря використовується вентиляція, яка розподіляється на витяжну та припливну, залежно від мети. За способом переміщення повітря вентиляцію поділяють на природну, механічну та змішану. Природна вентиляція забезпечує прийнятні умови в більшості приміщень пивоварної промисловості. Систему вентиляції слід регулярно перевіряти і, за потреби, обслуговувати, очищати повітропроводи. Важливо враховувати, що ефективність вентиляційних систем залежить від сезону.

Вентиляція робочої зони цеху має відповідати стандартам. Вона передбачає припливно-витяжну систему з механічним та природним обміном повітря. Витяжна вентиляція призначена для вилучення шкідливих речовин безпосередньо з їх джерел, а припливна - для нагнітання свіжого повітря у робочі зони. Механічна вентиляція використовує вентилятори для створення потоку повітря. У нашому випадку витяжна вентиляція відводить гази від сушільного процесу солоду.

Припливна вентиляція подає свіже повітря до калориферів, де воно нагрівається і потім направляється на сушіння солоду. Система передбачає відключення вентиляційної системи у разі пожежі. Також передбачено можливість централізованого відключення системи вентиляції відповідно до вимог СНіП 2.04.05.

Протипожежні заходи в солодовенному цеху включають категорію "Б" за пожежною безпекою. Огороджуючі конструкції мають ступінь вогнестійкості "П" (збудовані з цегли). Протипожежний водопровід з'єднаний з господарським водопроводом.

Внутрішні пожежні крани розташовані в приміщенні цеху на протилежних кінцях споруди - один біля входу, інший у прибудові. Вони знаходяться на висоті 1,35 м від підлоги в шафах з скляними дверцями. Крім того, цех оснащений першими засобами пожежогасіння: вогнегасниками ОВВ-5, ОП-10, ящиком з піском, бочкою з водою, відрами, лопатою, азбестовим полотном розміром 2х2 м. Для сигналізації пожежі встановлені автоматичні сигналізатори, що мають тепловий датчик МДПІ-0,28.

Висновки

Кваліфікаційна робота бакалавра виконана на тему «Модернізація апарату вертикального типу безперервної дії для сушіння солоду продуктивністю 22000 кг/добу».

Роботою передбачено підвищення ефективності роботи апарату для висушування солоду шляхом його модернізації, а саме удосконалення конструкції механізму для розрівнювання солоду у системі його завантаження, що позитивно впливає на тривалість процесу сушіння та якість отриманого сухого солоду.

В кваліфікаційній роботі наведено ґрунтовний аналіз конструкцій існуючого обладнання для висушування солоду, техніко-економічне та соціальне обґрунтування, характеристика вхідного матеріалу та готової продукції, описано будову та принципу роботи сушильного апарату для солоду, проведено детальний розрахунок сушильного апарату для солоду (розраховано продуктивність, кількість вологи, що видаляється з солоду – 15576 кг/доб, визначено масову витрату сушильного агента (повітря) при висушуванні солоду – 57618 кг/год).

Також проведено підбір конструкційних матеріалів, наведено технологічний маршрут виготовлення деталі, наведені рекомендації щодо монтажу, сервісу, експлуатації та ремонту обладнання, описано систему управління сушильного апарату, викладені основи охорони праці при роботі з сушильним апаратом.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Чепелюк О.М.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Ващук А.О.	Назва, додаткова назва Висновок	220790.KP.21.000 ПЗ				
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/1	

Список використаних літературних джерел

1. Вікіпедія (електронний ресурс) Режим доступу: <http://uk.wikipedia.org> (дата звернення 25.05.2024). – Назва з екрана.
2. Богомолів О.В. Курсове та дипломне проектування обладнання переробних та харчових виробництв: навч.посібник. / О.В.Богомолів, П.В.Гурський, В.П.Богомолів – Харків: Еспада, 2005. – 432 с.
3. Домарецький В.А. Технологія солоду і пива: підручник для студентів вищих навчальних закладів / В.А. Домарецький – К.: ІНКІОС, 2004. – 426 с.
4. Загальні технології харчових виробництв: підручник / В.А. Домарецький, П.Л. Шиян, М.М. Калакура, Л.Ф. Романенко. – К. : Університет "Україна", НУХТ, 2010. – 814 с.
5. Заплетніков І.М. Експлуатація і обслуговування технологічного обладнання харчових виробництв: навч. посіб. / І.М. Заплетніков, В.Г. Мирончук, В.М. Кудрявцев – К.: «Кафедра», «Центр учбової літератури», 2012. – 344с.
6. Купчик М. П. Основи охорони праці / М. П. Купчик, М. П. Гандзюк, І. Ф. Степанець, В. Н. Вендичанський, А. М. Литвиненко, О. В. Іваненко. – К.: Основа, 2000. – 416 с.
7. Методичні рекомендації до виконання випускної роботи на здобуття освітнього ступеня "Бакалавр" спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» освітньо-професійної програми «Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв» денної та заочної форм навчання / Уклад.: В.Г. Мирончук, М.В. Якимчук, О. М. Гавва, Р.Л. Яковчук, Є.М. Бабко – Київ.: НУХТ, 2022. - 48 с.
8. Монтаж та технічний сервіс обладнання. Практикум [Текст] : навч. посіб. / В. Г. Мирончук, Д. М. Люлька, О. А. Єщенко, О. І. Свідерська ;

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Чепеляк О.М.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Ващук А.О.	Назва, додаткова назва Список використаних літературних джерел	220790.KP.21.000 ПЗ				
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/2	

М-во освіти і науки України, Нац. ун-т харч. технол. — Київ : НУХТ, 2017. — 162 с.

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

10. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості: навч. посіб. / Мирончук В.Г., Орлов Л.О., Пушанко М.М. та ін. — Вінниця: Нова книга, 2004. — 288с.

11. Соколенко, А.І. Інтенсифікація масообмінних процесів в харчових і мікробіологічних технологіях / А.І.Соколенко, О.Ю.Шевченко, В.А. Піддубний – Київ,"Люксар", 2008. – 443 с.

12. Соколенко, А.І. Інтенсифікація тепло- масообмінних процесів в харчових технологіях / А.І. Соколенко, А.А. Мазаракі, О.Ю. Шевченко, В.А. Піддубний, В.О. Сукманов – К.: Фенікс, 2011. – 536 с.

13. Станкевич Г.М., Страхова Т.В., Атаназевич В.І. Сушіння зерна: Підручник. – К.: Либідь, 1997. — 352 с.

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

15. Сухенко, Ю.Г. Надійність і довговічність устаткування харчових і переробних виробництв: підруч. для студентів ВНЗ / Ю.Г.Сухенко, О.А. Литвиненко, В.Ю. Сухенко. — К.: НУХТ, 2010. —547 с.

16. Теплообмінні процеси та обладнання переробного та харчового виробництва: навчальний посібник / І.П.Паламарчук, П.С.Берник, З.А.Стоцько, В.В.Яськов. – Львів: Бескид Біт, 2006. – 368 с.

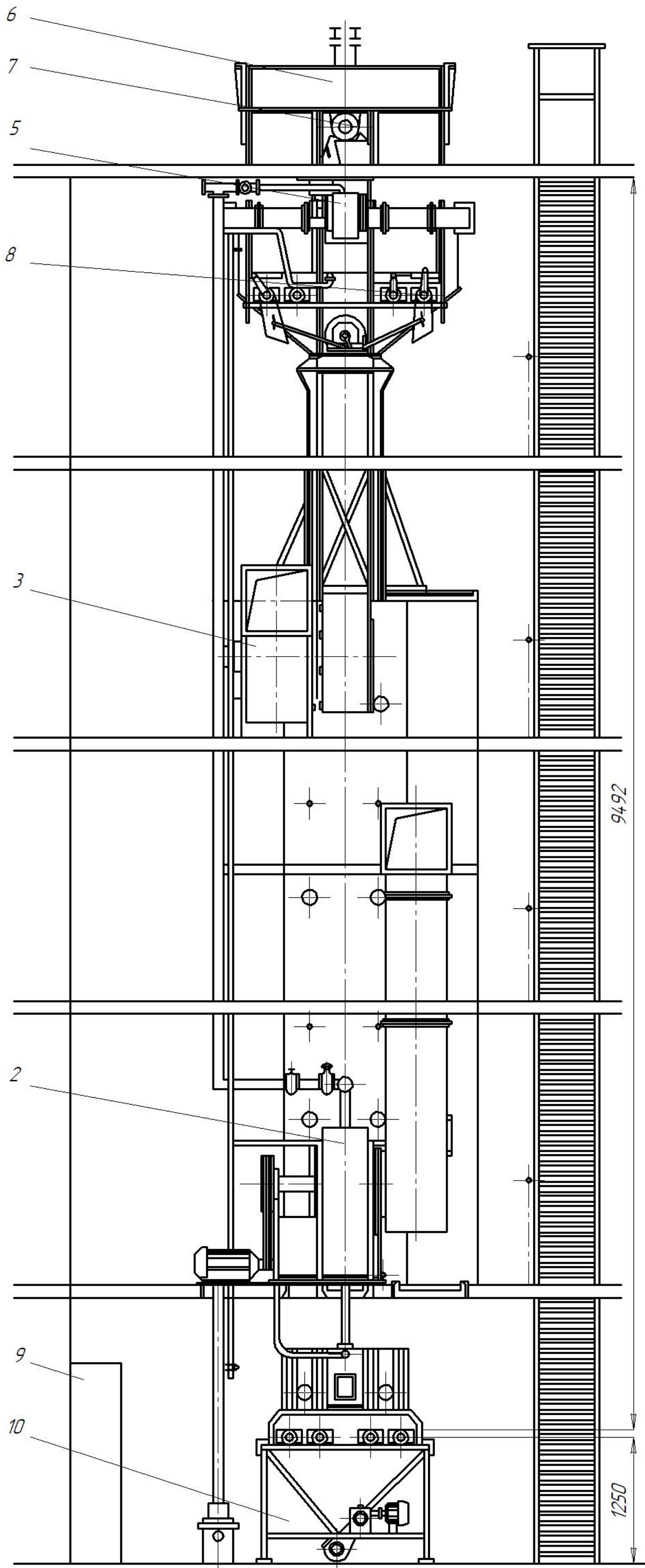
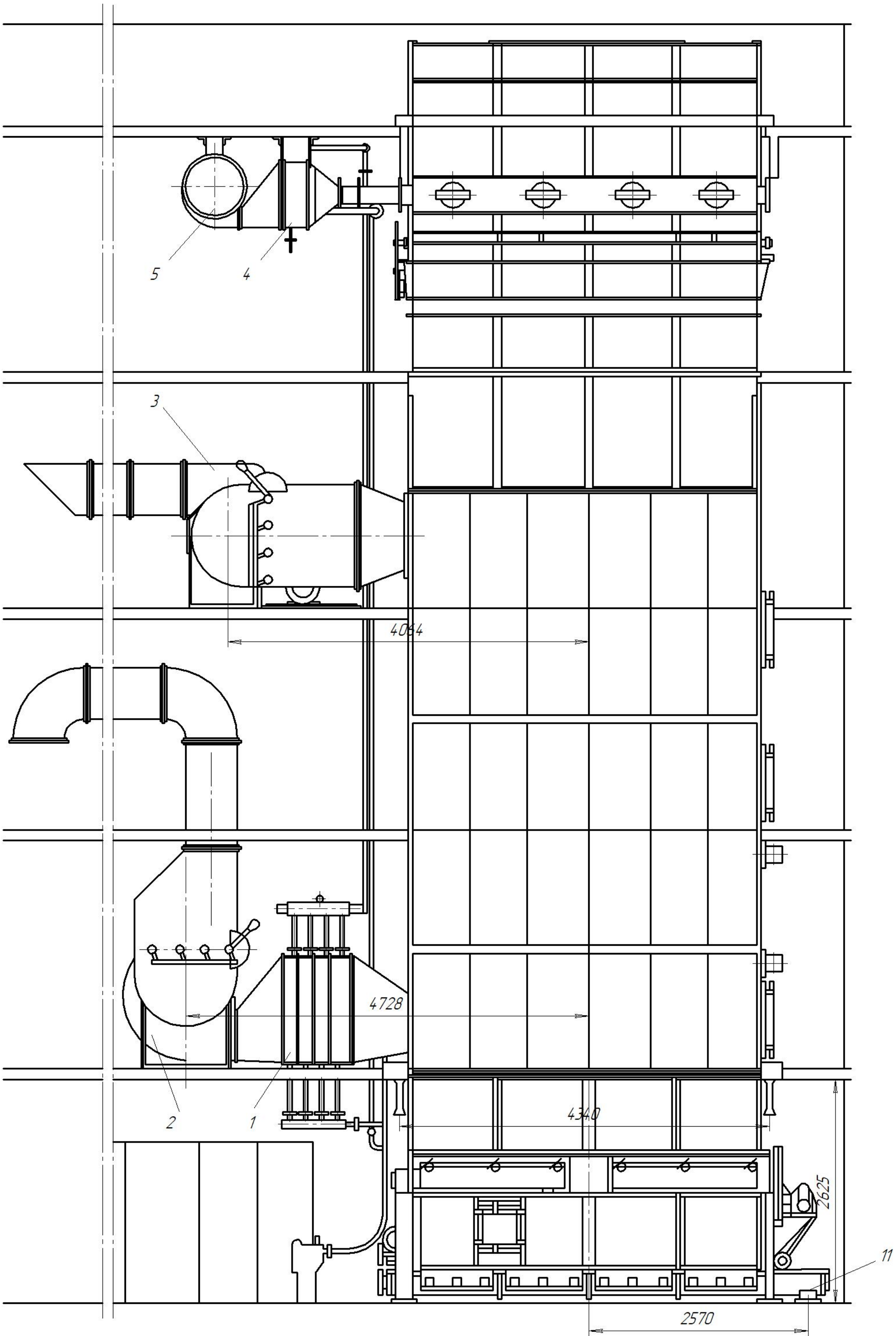
17. Чепелюк, О.О. Гігієнічні вимоги до проектування обладнання харчових виробництв: підруч. / О.О. Чепелюк, О.А. Єщенко, Ю.Ю. Доломакін. – К.: НУХТ, 2017. – 311с.

ДОДАТКИ

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	К-сть.	Примітка
				Документація		
A1			220790.KP.21.00.000 СК	Складальне креслення		
				Складальні одиниці		
		1	220790.KP.21.01.000	Паровий калорифер	1	
		2	220790.KP.21.02.000	Вентилятор для подачі свіжого повітря	1	
		3	220790.KP.21.03.000	Вентилятор для видалення відпрацьованого повітря	1	
		4	220790.KP.21.04.000	Повітропровід	1	
		5	220790.KP.21.05.000	Вентилятор для камер підв'ялення	1	
		6	220790.KP.21.06.000	Розподільувач солоду	1	
		7	220790.KP.21.07.000	Камери для підв'ялення		
		8	220790.KP.21.08.000	Механізм для завантаження солоду	1	
		9	220790.KP.21.09.000	Шафа для електрообладнання	1	
		10	220790.KP.21.0.000	Механізм для розвантажування солодосушарки	1	
		11	220790.KP.21.11.000	Шнек для вивантажування солоду	1	
Відповідальна організація НУХТ			Технічне узгодження Чепеляк О.О	Розробник документа Вашук А.О.	Документ затверджено Гавва О.М.	Масштаб 1:1
Власник документа НУХТ, ОХ-4-7ск			Вид документа Специфікація		Статус документа	
			Назва, додаткова назва Апарат для висушування солоду		220790.KP.21.00.000 СК	
					Інд. змін	Дата видання
					Мова	Аркуш
					ua	1

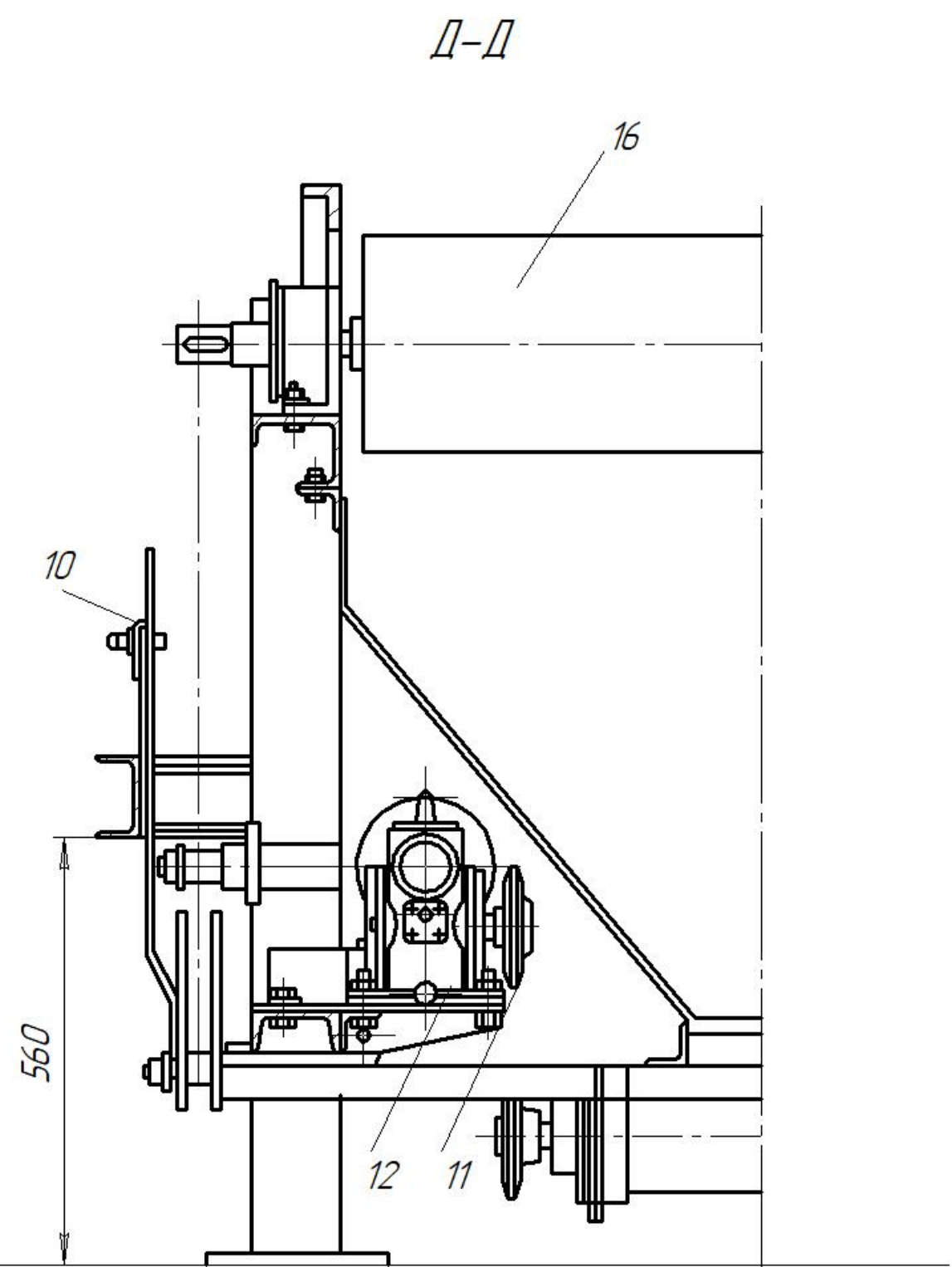
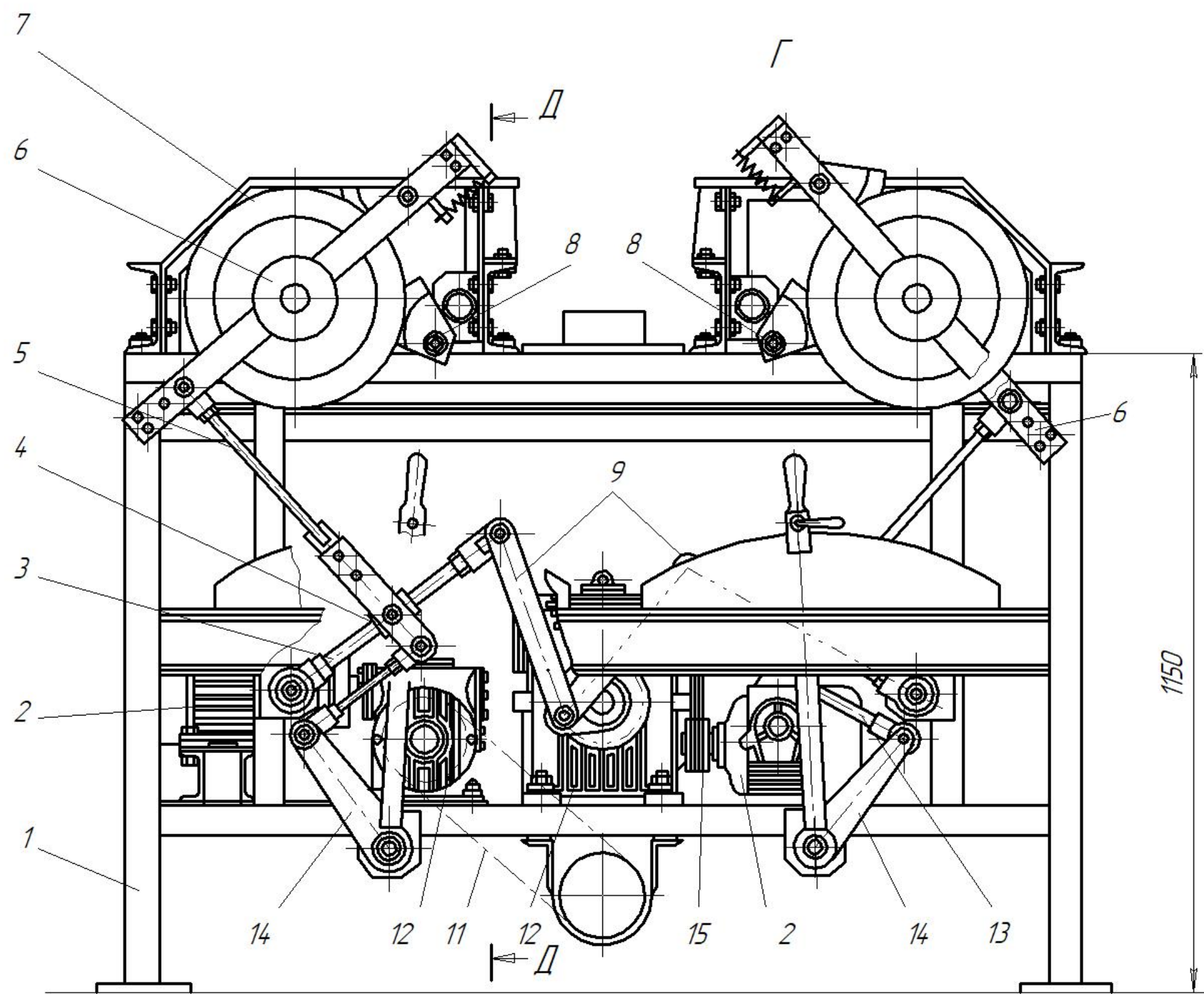
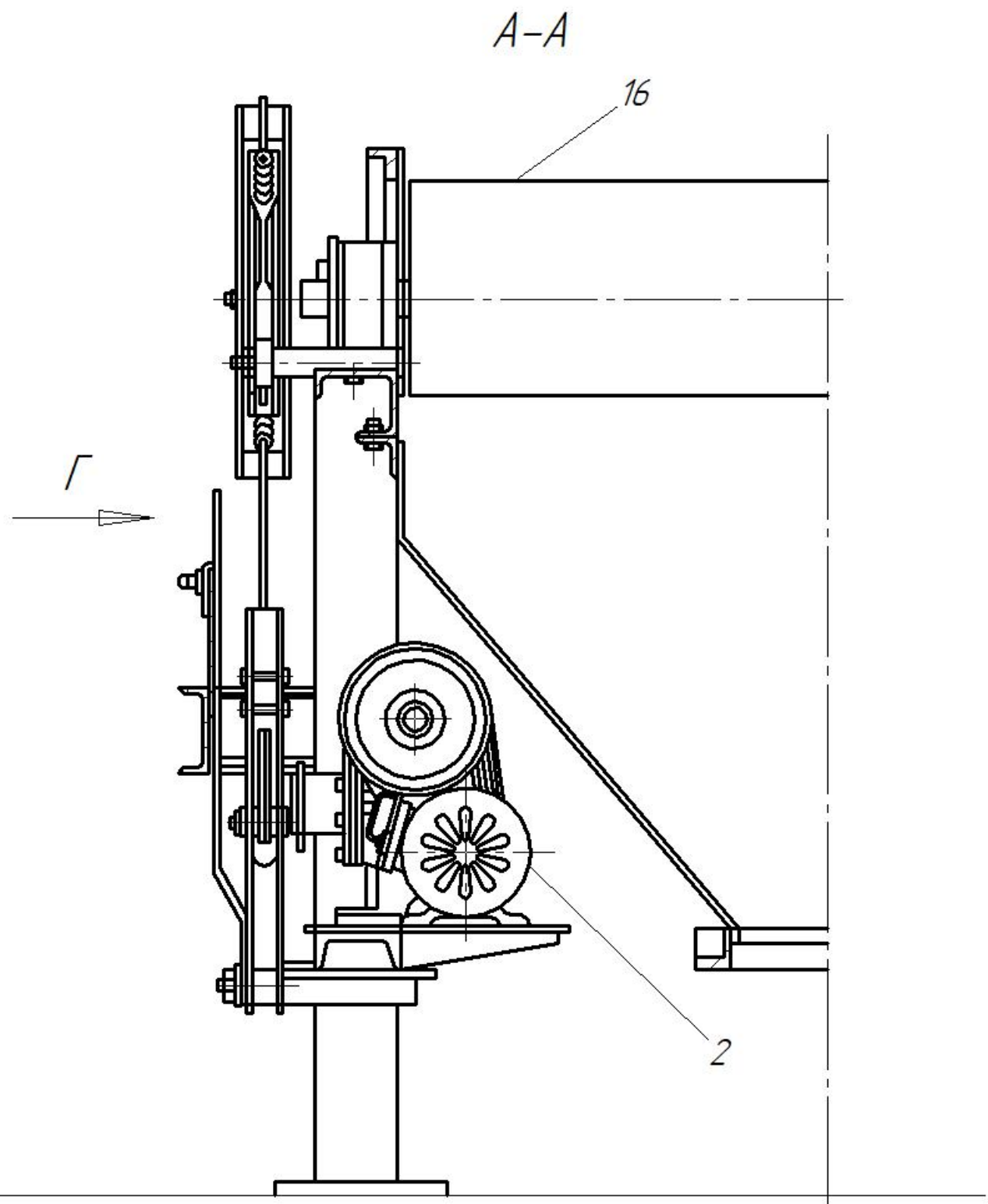
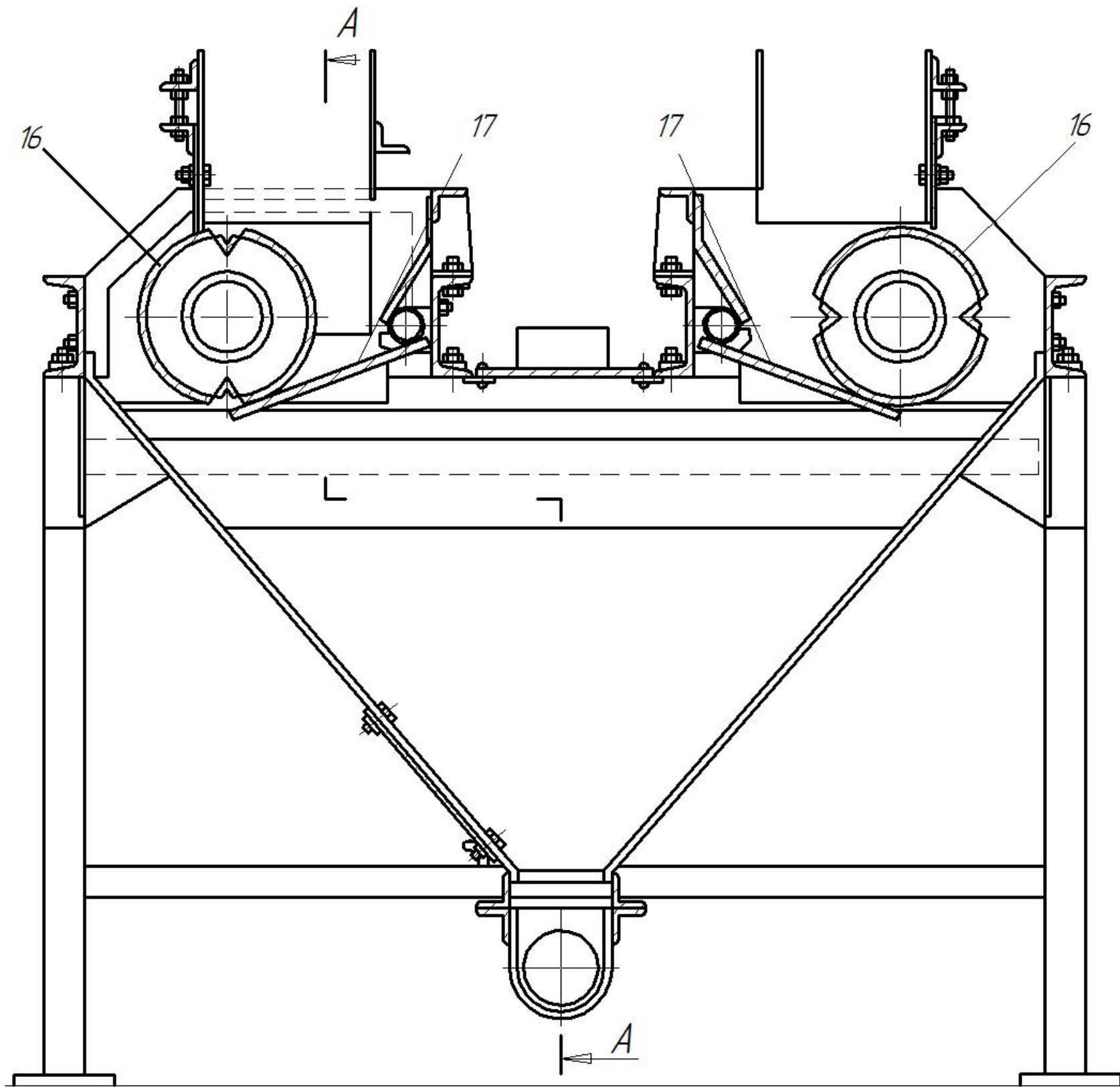
Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	К-сть.	Примітка
				<i>Документація</i>		
A1			220790.KP.21.10.000 СК	Складальне креслення		
				<i>Деталі</i>		
		1	220790.KP.21.10.001	Станина	1	
		3	220790.KP.21.10.002	Куліса	1	
		4	220790.KP.21.10.003	Повзун	1	
		5	220790.KP.21.10.004	Тяга	1	
		6	220790.KP.21.10.005	Храповий важіль	1	
		7	220790.KP.21.10.006	Храпове колесо	1	
		8	220790.KP.21.10.007	Штопор	1	
		9	220790.KP.21.10.008	Шатун	1	
		10	220790.KP.21.10.009	Рукоятка для регулювання кроку храпових важелів	1	
		13	220790.KP.21.10.010	Тяга	1	
		14	220790.KP.21.10.011	Важіль	1	
				<i>Покупні вироби</i>		
		2		Вентилятор	1	
		11		Ланцюгова передача до шнеку для розвантаження		
		12		Редуктор	1	
Відповідальна організація НУХТ			Технічне узгодження Чепеляк О.О	Розробник документа Вашук А.О.	Документ затверджено Гавва О.М.	Масштаб 1:1
Власник документа НУХТ			Вид документа Специфікація		Статус документа	
			Назва, додаткова назва Розвантажувальний механізм Складальне креслення		220790.KP.21.10.000 СК	
					Інд. змін	Дата видання
					Мова	Аркуш
					ua	1

[illegible]



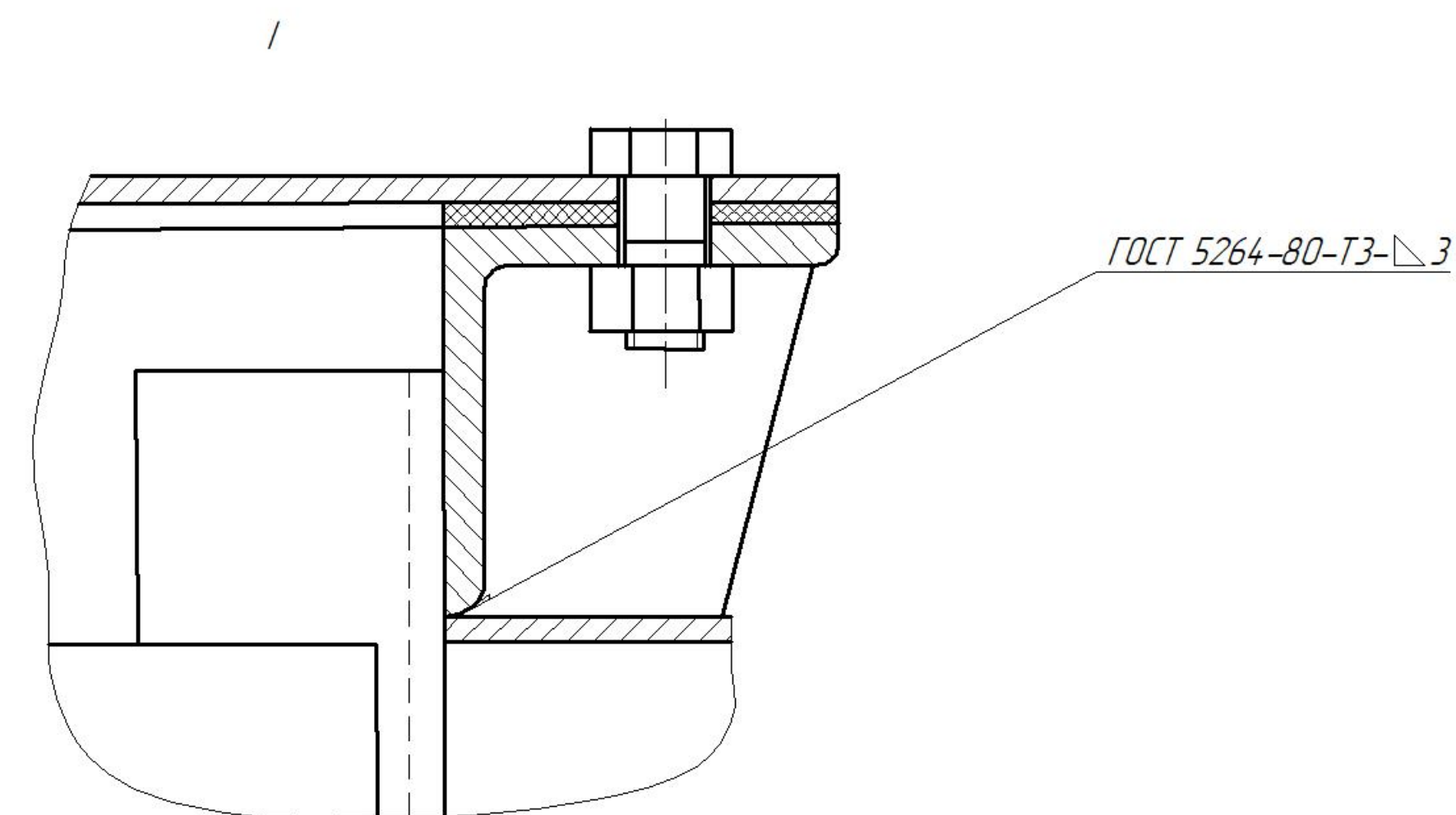
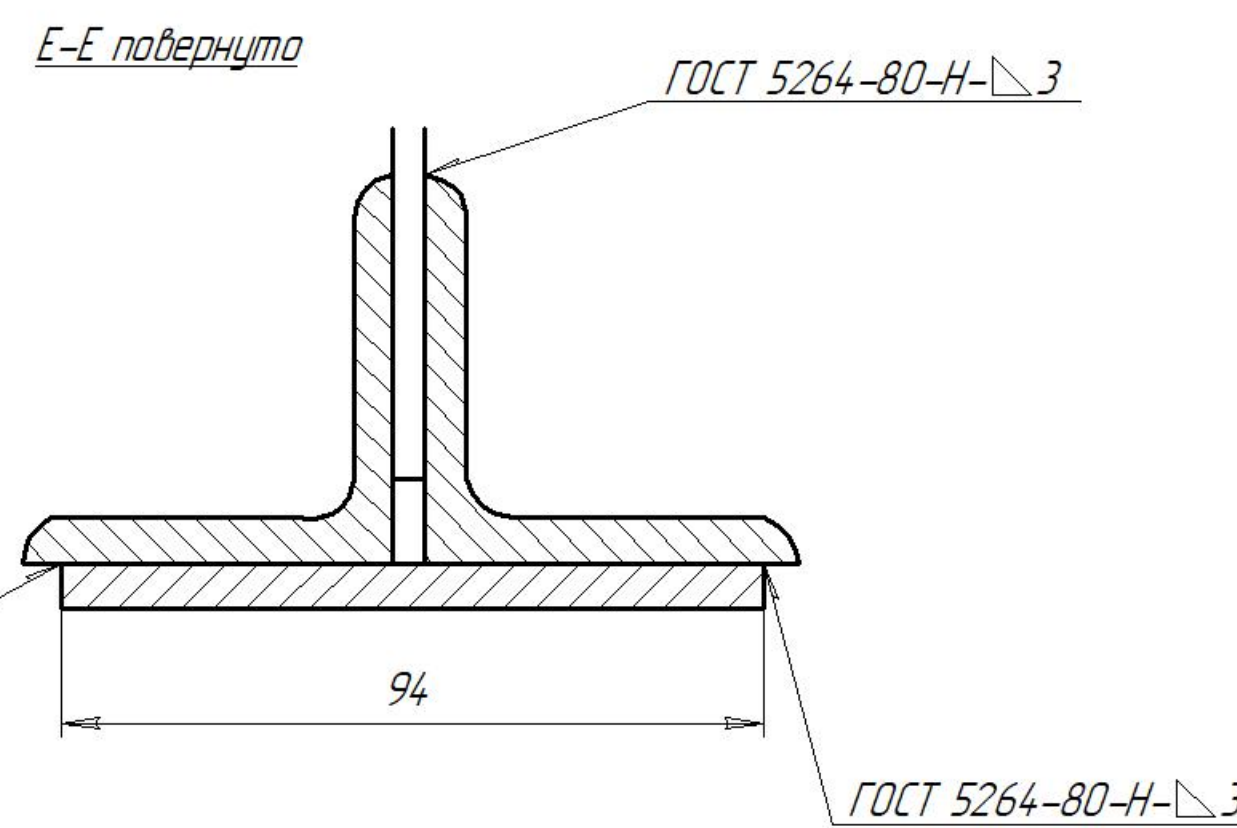
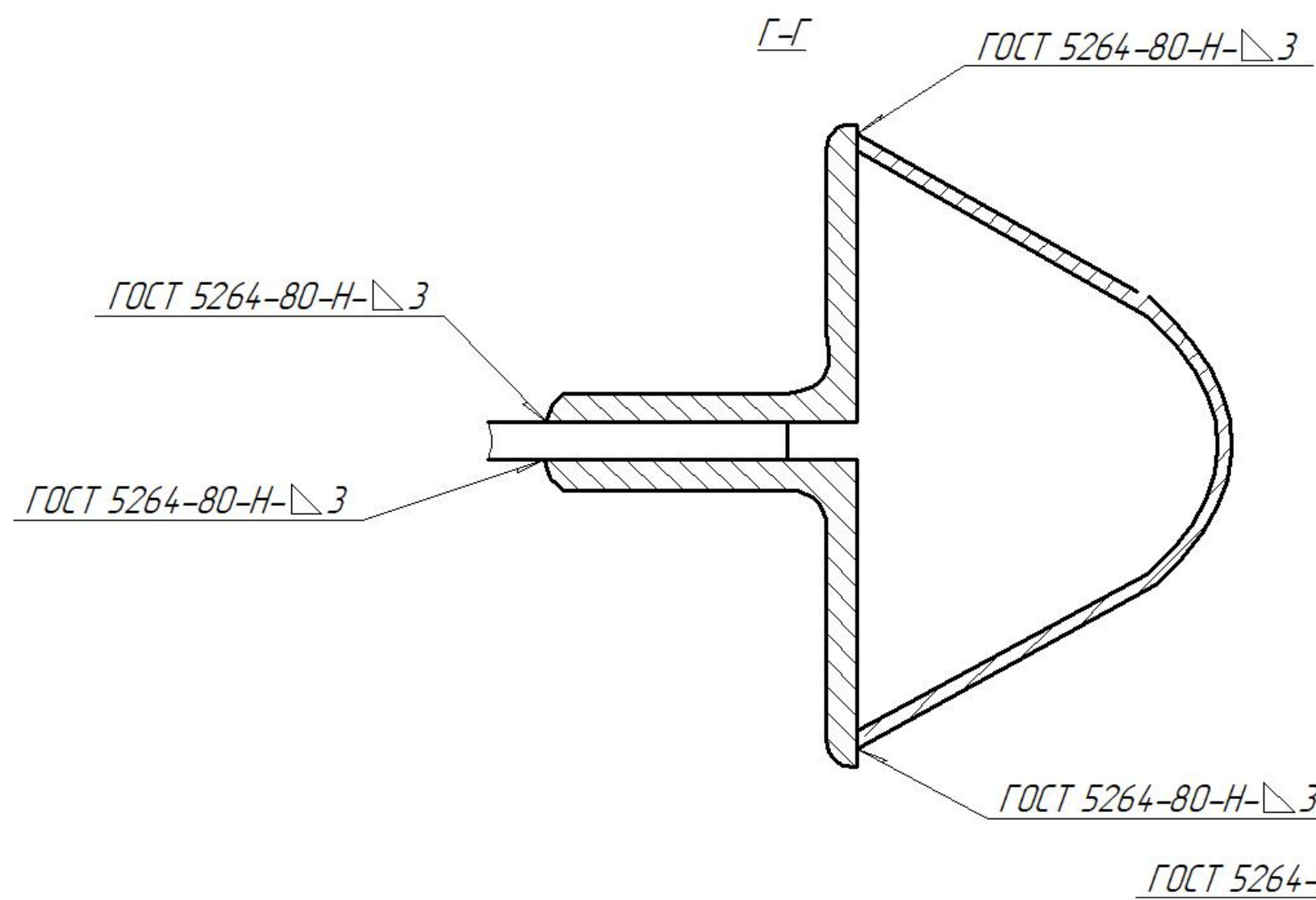
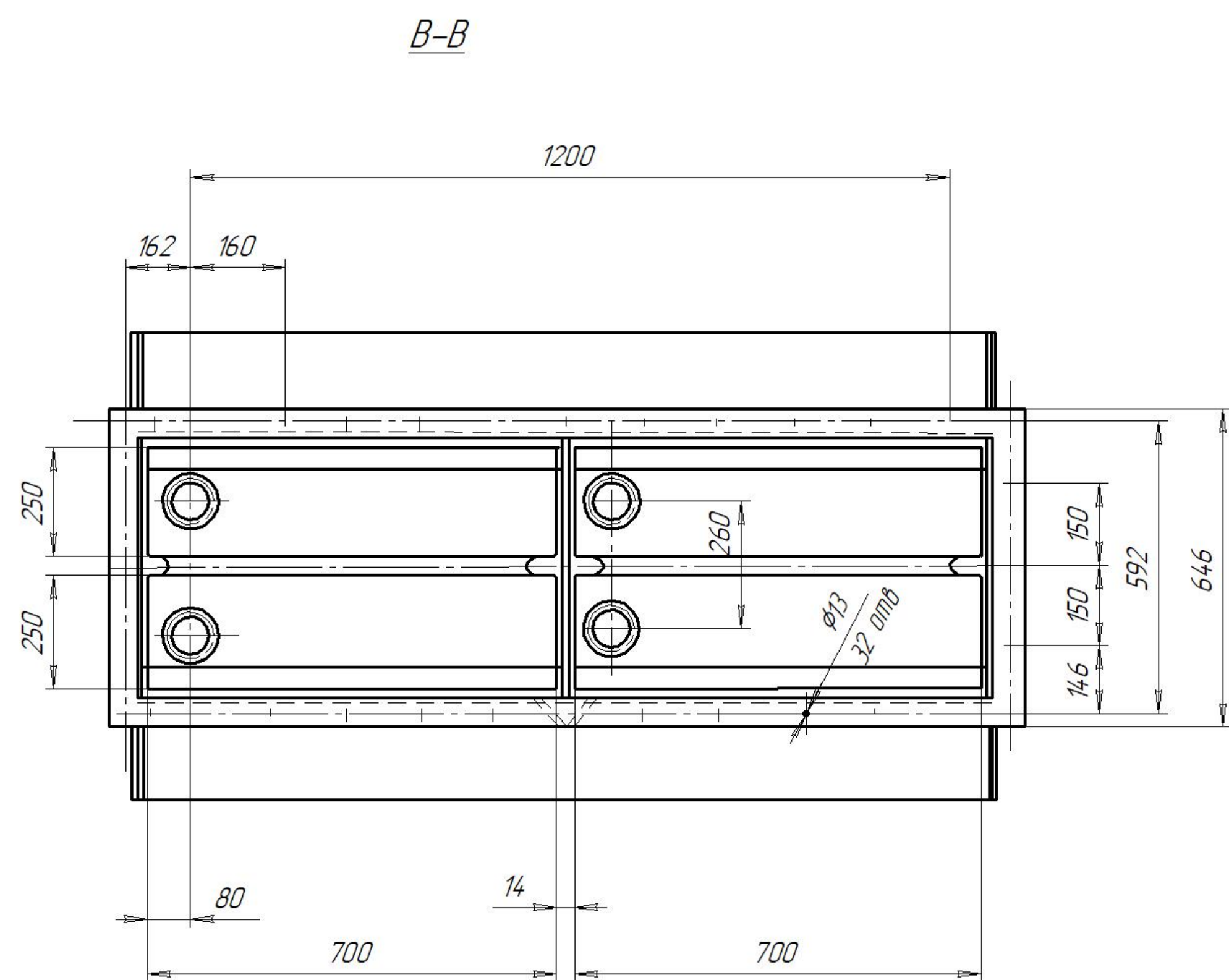
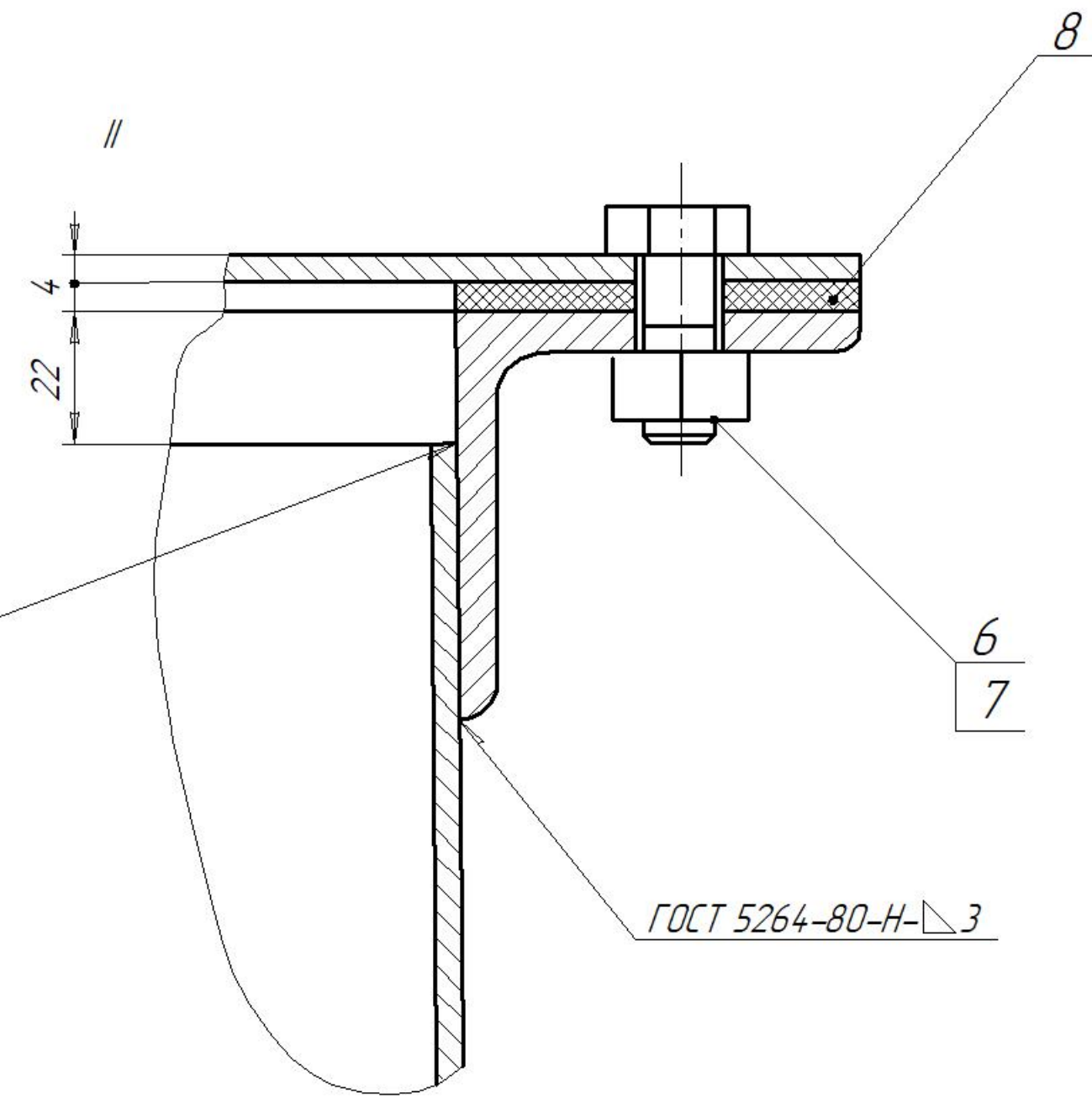
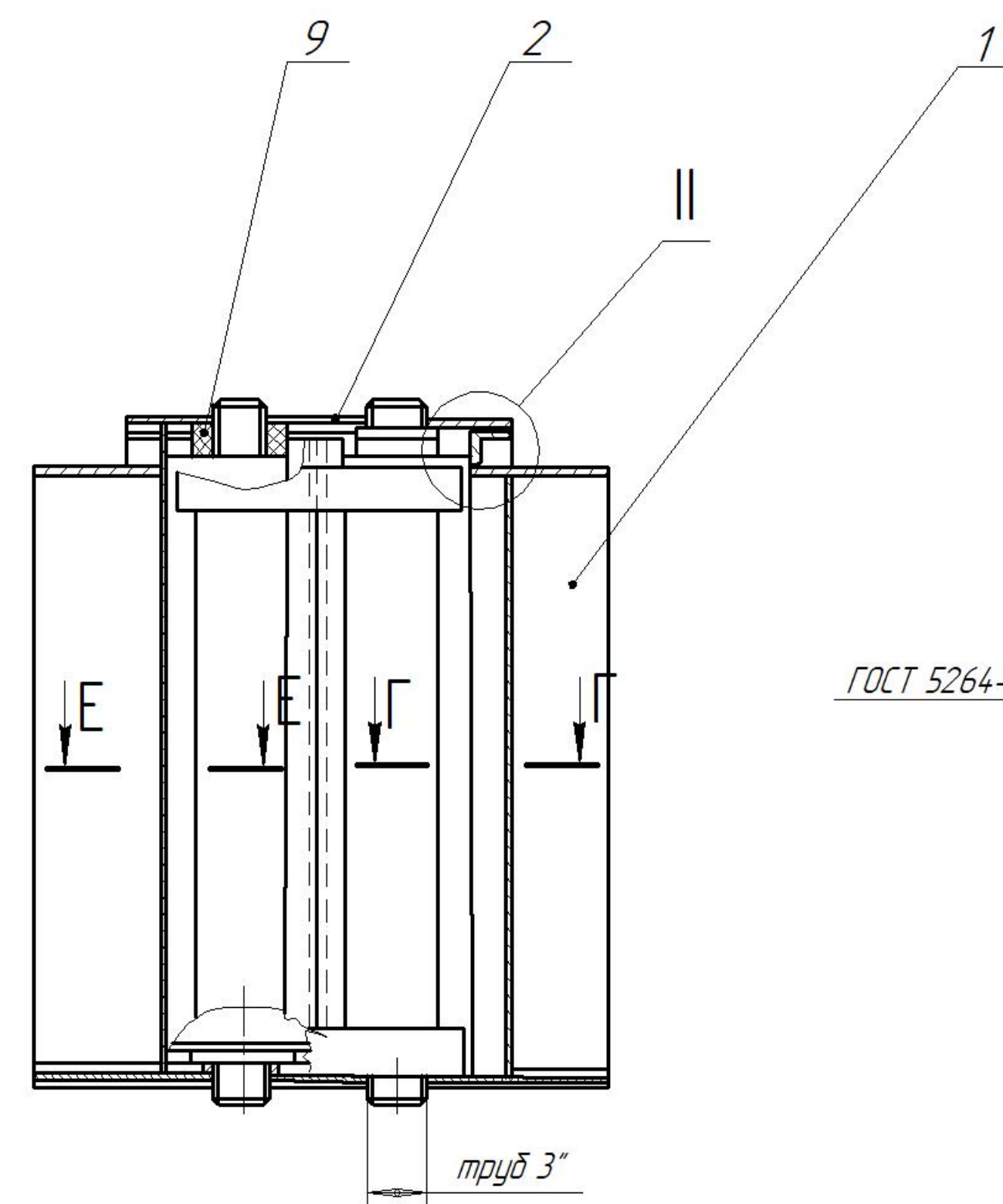
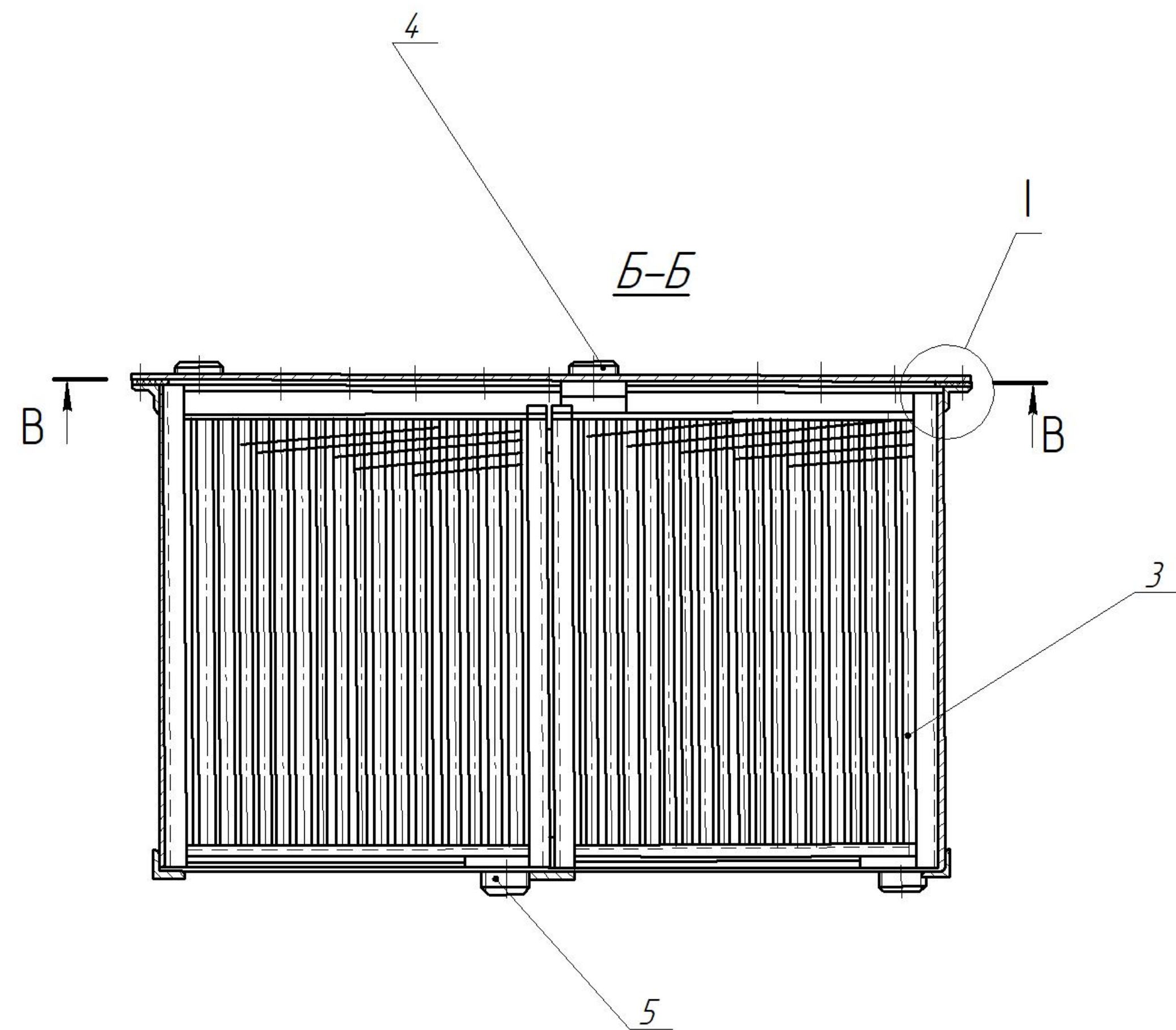
1	Паровий калорифер
2	Вентилятор для подачі свіжого повітря
3	Вентилятор для видалення відпрацьованого повітря
4	Повітропровід
5	Вентилятор для камери підв'ялення
6	Розподільвач солоду
7	Камери для підв'ялення
8	Механізм для завантажування солоду
9	Шафа для електрообладнання
10	Механізм для розвантажування солодосушарки
11	Шнек для вивантажування солоду

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Чепелек О.М.	Розробник документа Вашук А.О.	Документ затверджено Гавба О.М.	Масштаб 1:40		
Власник документа НУХТ, ОХ-4-7сх		Вид документа Складальне креслення		Статус документа		
		Назва, додаткова назва Апарат для висушування солоду		220790 КР 21.00.00 СК		
				Інв. змін.	Дата видання	Мова

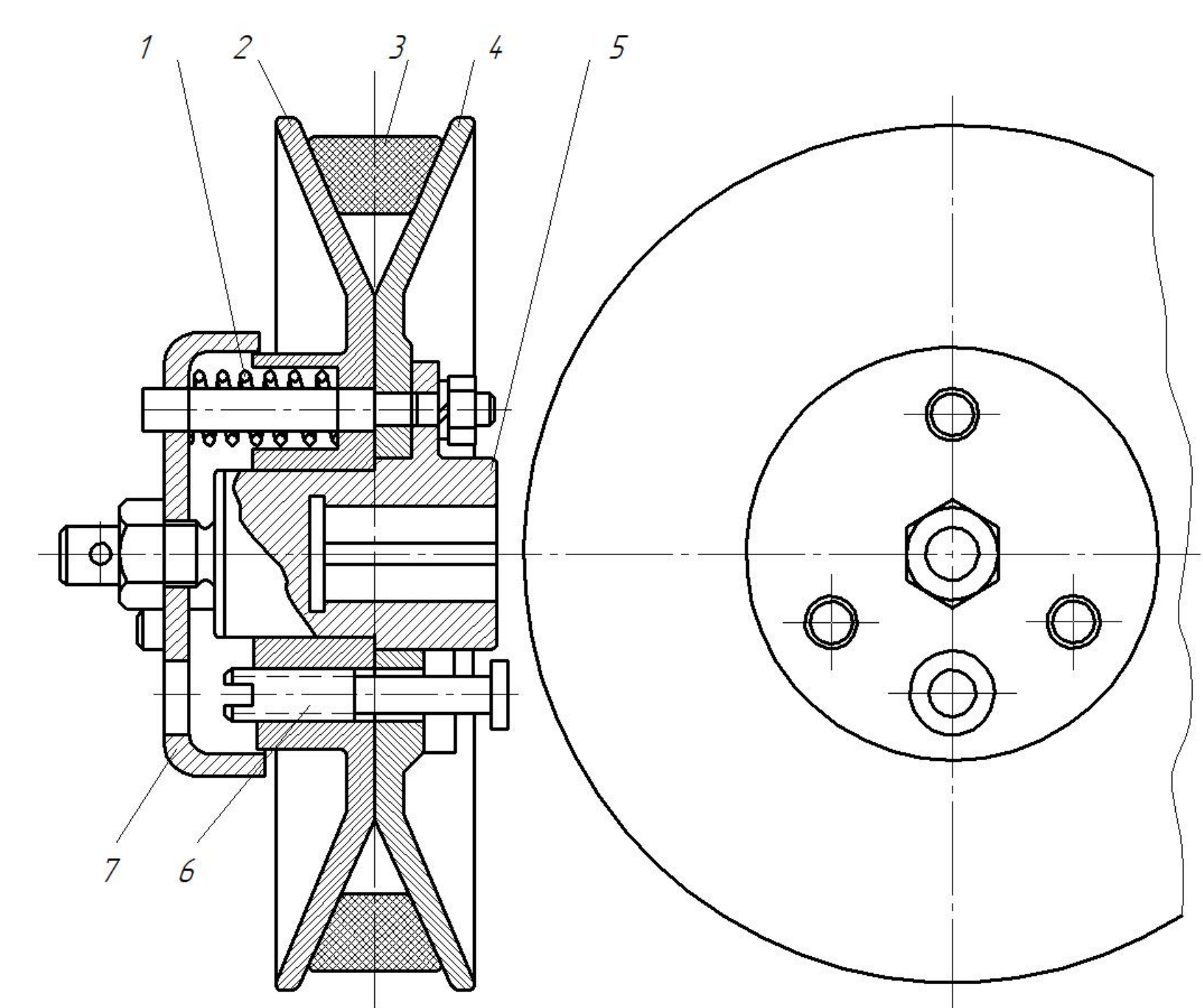
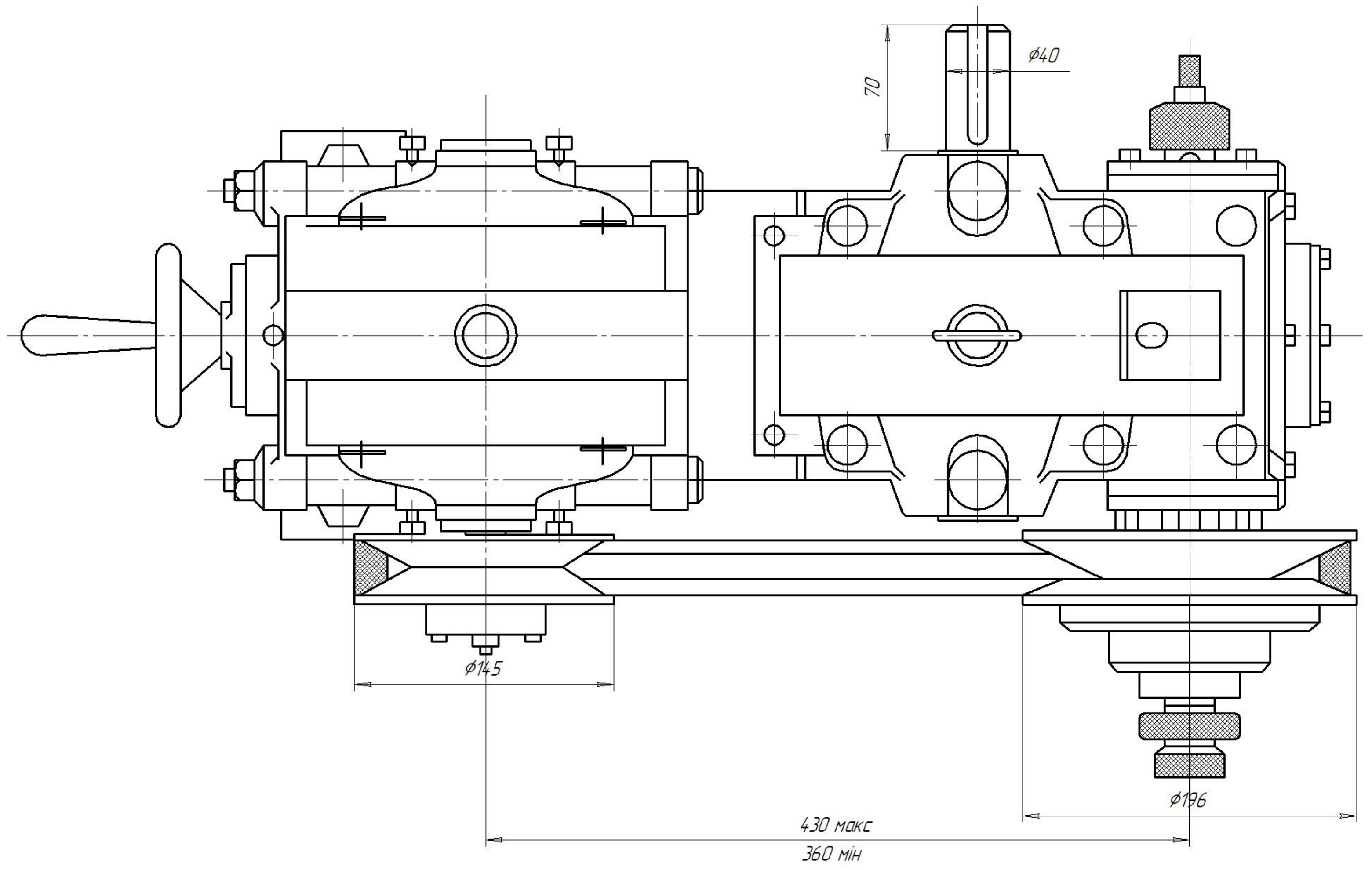
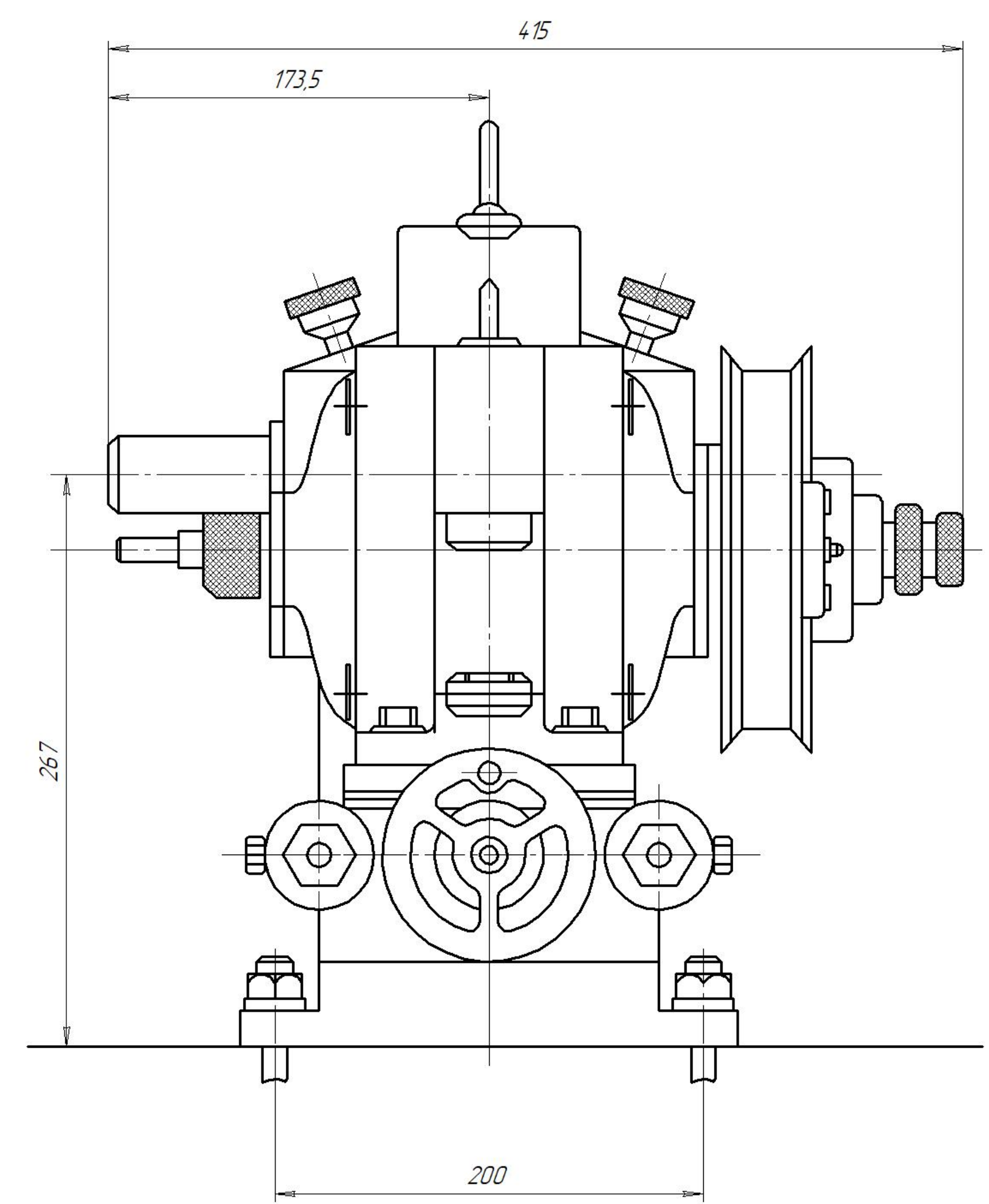
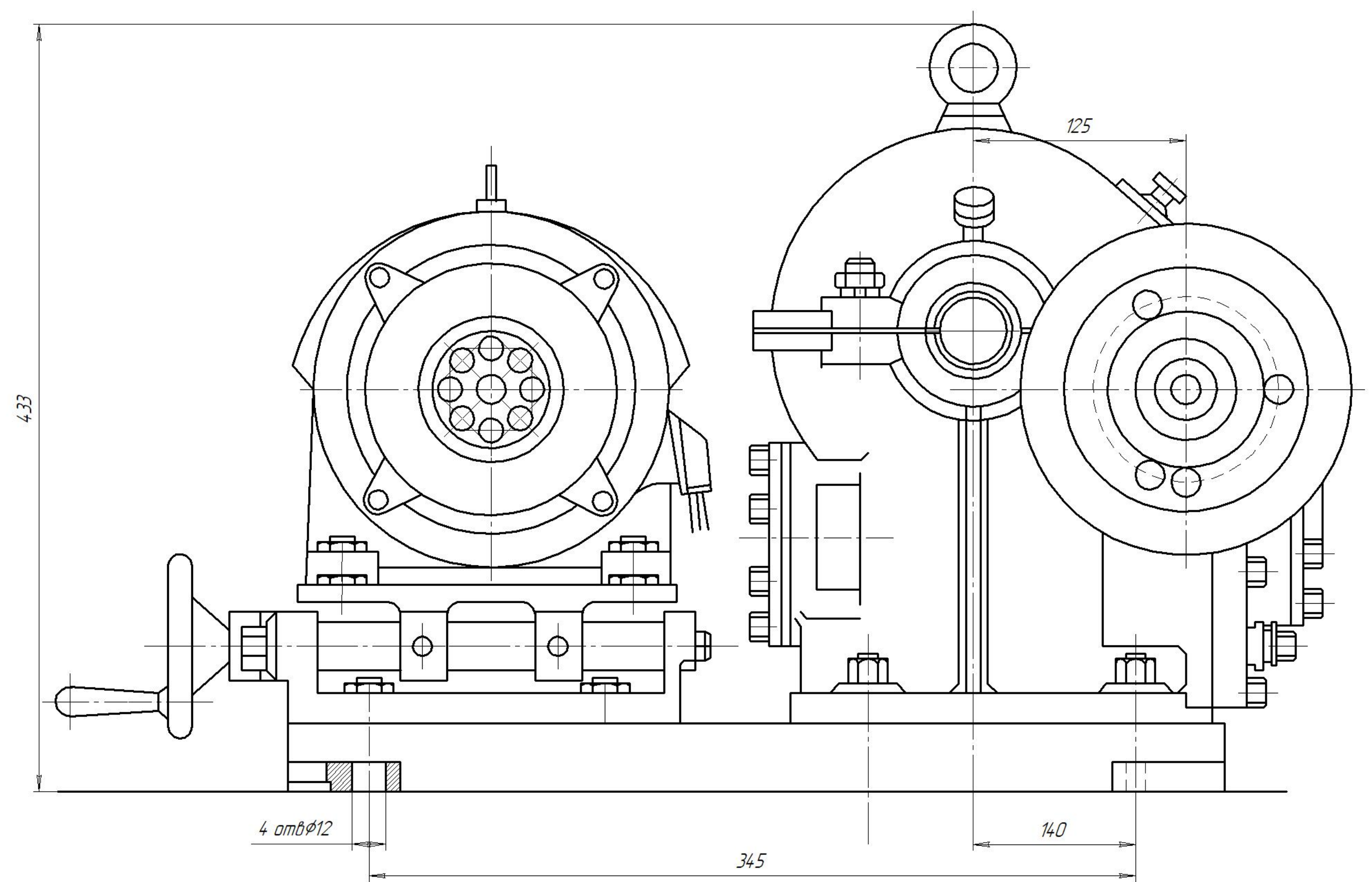


1	Станина
2	Вентилятори
3	Куліси
4	Повзунч
5	Тяги
6	Храпові ричаги
7	Храпові колеса
8	Штопори
9	Шатуни
10	Рукіядки для регулювання кроку храпових ричагів
11	Ланцюгова передача до шнеку для розвантаження
12	Редуктори
13	Тяги
14	Ричаги
15	Клинопасова передача
16	Барабани для розвантажування сушарки
17	Заслінки

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Чепелик О.М.	Розробник документа Вашук А.О.	Документ затверджено Гавва О.М.	Масштаб 1:10
Власник документа НУХТ, ОХ-4-7сх		Вид документа Складальне креслення	Статус документа	
		Назва, додаткова назва Розвантажувальний механізм	220790 КР 21.00.003 СК	
		Інв. змін	Дата видання	Мова



Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Чепелик О.М.	Розробник документа Вашук А.О.	Документ затверджено Гавва О.М.	Масштаб 1:10
Власник документа НУХТ, ОХ-4-7сх		Вид документа	Статус документа	
		Назва, додаткова назва Деталі калорифера	220790 КР 21.00.004 ДТ	
		Інв. змін	Дата видання	Мова



1	Пружина
2	Диск
3	Ремінь
4	Диск
5	Ступиця
6	Гвинт
7	Шайба

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Чепелик О.М.	Розробник документа Вашук А.О.	Документ затверджено Гавва О.М.	Масштаб 1:2
Власник документа НУХТ, ОХ-4-7сх		Статус документа		
		Складальне креслення		
		Назва, додаткова назва Варіатор швидкості	220790.КР.21.00.005 СК	
		Інв. змін	Дата видання	Мова
				Аркуш

