

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ШОСТКИНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра хімічної технології високомолекулярних сполук

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА
зі спеціальності 6.133 Галузеве машинобудування

Тема проекту: Виробництво сірчаного калію. Барабанна сушарка
сірчаноокислого калію потужністю по готовому продукту 1600 кг/год.

Виконав студент

Самко О. В.

П.І.Б.

Залікова книжка:

№ _____

Захищений з оцінкою:

Керівник проекту

Закусило Р. В.

П.І.Б.

ШІ Сум ДУ 2021 р.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ШОСТКИНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
СУМСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ**

Спеціальність 6.133 Галузеве машинобудування

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Зав. кафедрою ХТВМС
_____ Серeda В. І.
«___» _____ 20__р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Студенту: _____ Самко Олександр Валерійович _____

П.І.Б

група ХМ-71.ш-8 курс IV

1. Тема бакалаврської роботи: Виробництво сірчаного калію. Барабанна сушарка сірчаноокислого калію потужністю по готовому продукту 1600 кг/год.
2. Вихідні дані: Початкова вологість – 7 %, кінцева вологість – 0,4 %.
Теплоносій – повітря. Температура матеріалу на виході з сушарки – 30 °С.
Розмір часток сірчаноокислого калію від 1 мм до 3 мм.
3. Перелік обов'язкового графічного матеріалу (листи А1):
 - 3.1 Загальний вигляд 2хА1;
 - 3.2 Складальні креслення 2хА1;
 - 3.3 Технологічна схема А2.
4. Література та матеріали, які рекомендуються:
 - 4.1. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра / Р.О. Острога, М.С. Скиданенко, Я.Е. Михайловський, А.В. Іванія. – Суми : СумДУ, 2017. – 33 с.;
 - 4.2. Павлов К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии : Учебное пособие для вузов / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков. – 10-е изд., перераб. и доп. – Л. : Химия, 1987. – 576 с.
5. Контрольні терміни виконання: _____ квітень – травень _____

Етап і розділи комплексного курсового проекту	Т И Ж Д Е Н Ь					
	1, 2	3, 4	5, 6	7, 8	9	10
1 Опис схеми, апарата	х х					
2 Технологічна частина		х х				
3 Розрахунки на міцність, герметичність та стійкість			х х			
4 Розробка креслень				х х		
5 Оформлення записки					х	
6 Захист проекту						х

6. Дата видачі завдання: _____ «___» Лютий 2021р.

7. Термін захисту бакалаврської роботи: «___» Червень 2021р.

Керівник бакалаврської роботи _____ / Закусило Р.В.

(підпис, прізвище, ініціали керівника)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 52 сторінок, 5 рисунків, 2 додатки, 12 джерел.

Графічні матеріали: технічна схема установки, складальне креслення апарату, складальні креслення вузлів, креслення деталей – всього 3 листи формату А1.

Тема проекту Виробництво сірчаного калію. Барабанна сушарка сірчанокислового калію потужністю по готовому продукту 1600 кг/год.

Наведено теоретичні основи і особливості процесу, виконані технологічні і конструктивні розрахунки апарату, визначені його розміри, вибрано допоміжне обладнання.

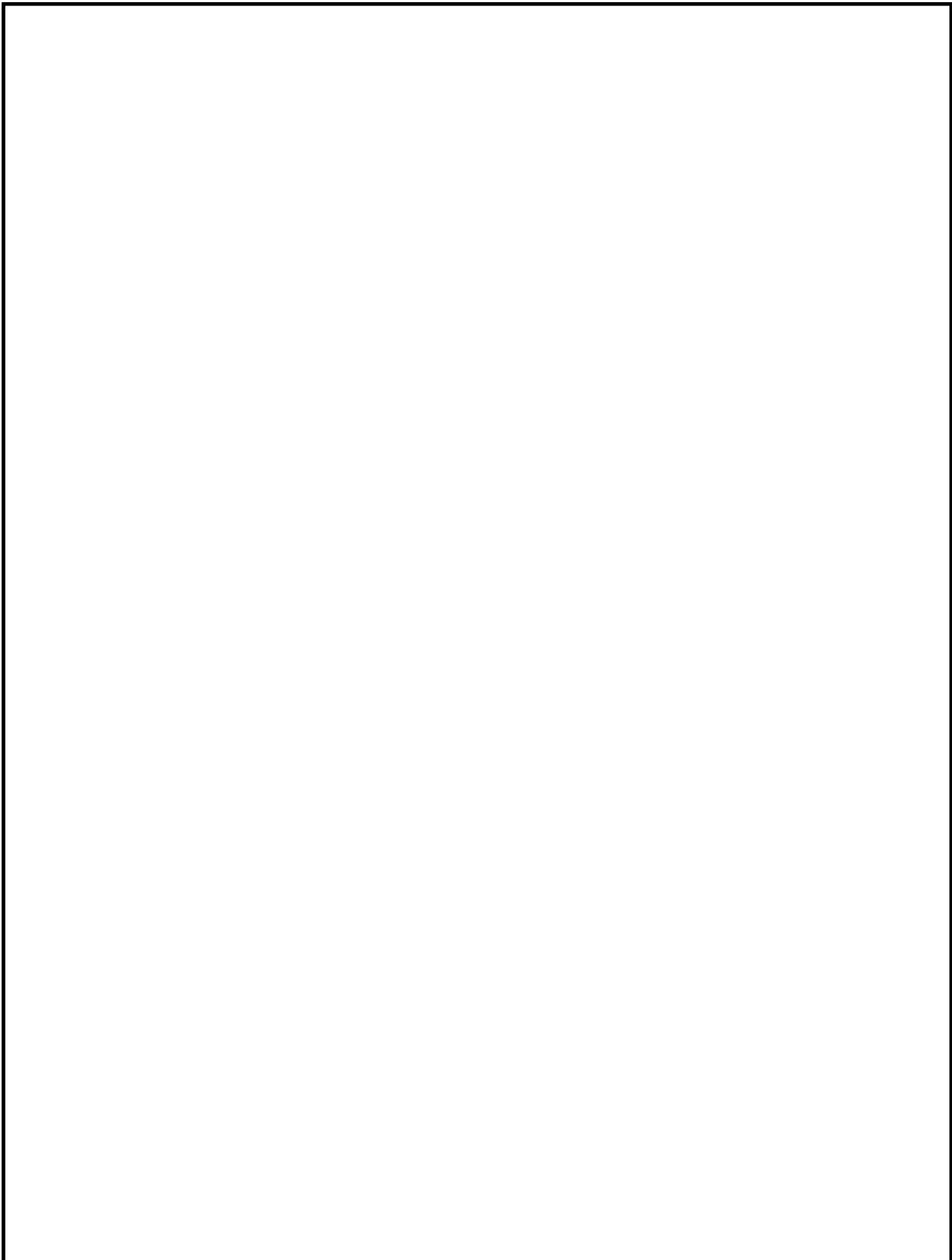
Розрахунками на міцність показана надійність роботи спроектованого апарату.

Ключові слова: АПАРАТ, ТЕМПЕРАТУРА, СУШИЛЬНИЙ АГЕНТ, БАРАБАННА СУШАРКА, РОЗРАХУНОК, СУЛЬФАТ КАЛІЮ.

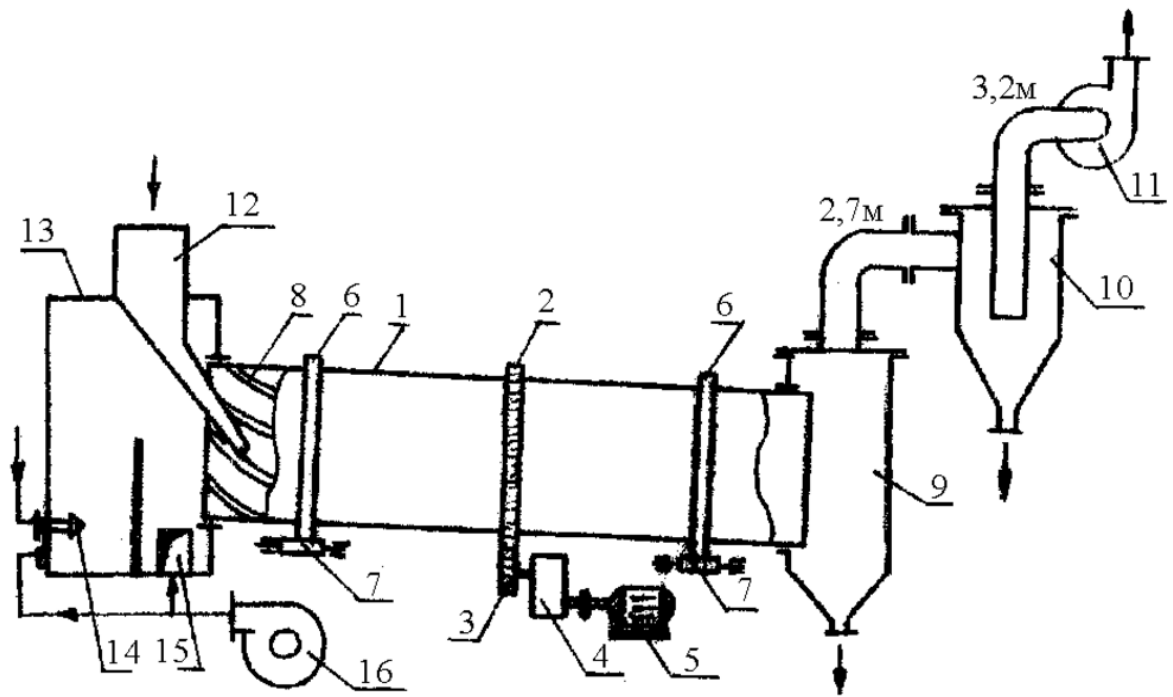
ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП.....	5
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА.....	6
1.1 Загальна характеристика технологічного процесу та обладнання.	6
1.2 Характеристика хімічного продукту.	8
1.3 Опис конструкції та роботи вибраного апарату.	9
1.4 Вибір основних конструктивних матеріалів.	11
2 РЕМОНТНО-МЕХАНІЧНА ЧАСТИНА.....	14
2.1 Матеріальний та тепловий баланси процесу.....	14
2.2 Технологічні розрахунки.....	19
2.3 Конструктивні розрахунки.....	20
2.4 Гідравлічний опір апарата.....	24
2.5 Вибір допоміжного обладнання.	26
3 РОЗРАХУНКИ АПАРАТА НА МІЦНІСТЬ ТА ГЕРМЕТИЧНІСТЬ.....	29
3.1 Розрахунок товщини стінки барабана.....	29
3.2 Розрахунок та вибір опор барабана.....	34
4 МОНТАЖ ТА РЕМОНТ АПАРАТА.....	39
4.1 Вибір методів ремонту.	39
4.2 Ремонт барабанної сушарки.....	41
4.3 Іспит апарата на міцність та щільність.....	41
5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	44
ВИСНОВКИ.....	49
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ТА ДЖЕРЕЛ.....	50
ДОДАТОК А – ДІАГРАМА РАМЗІНА З ЗОБРАЖЕННЯМ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ.....	51
ДОДАТОК Б – ТАБЛИЦІ З ДОВІДКОВИМИ ДАНИМИ.....	52

					ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Самко О. В.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушіє</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Закусило Р. В.</i>			4	52	
<i>Реценз.</i>					ШІ Сум ДУ		
<i>Н. Контр.</i>					гр. ХМ-71.ш-8		
<i>Затверд.</i>		<i>Середа В. І.</i>					
Виробництво сірчаного калію. Барабанна сушарка. Пояснювальна записка.							



					ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		Самко О. В.			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушіє</i>
<i>Перевір.</i>		Закусило Р. В.				4	52
<i>Реценз.</i>					ШІ Сум ДУ гр. ХМ-71.ш-8		
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>		Середа В. І.					



1 — металевий барабан; 2 — венцова шестерня; 3 — підвенцева шестерня;
 4 — редуктор; 5 — електродвигун; 6 — опорні бандажні кільця;
 7 — опорні ролики; 8 — завантажувальна насадка; 9 — розвантажувальний
 бункер; 10 — циклон; 11 — димосос; 12 — бункер сировини; 13 — топка;
 14 — форсунка; 15 — вікно для подачі холодного повітря; 16 — вентилятор подачі
 повітря; 17 — лопатева насадка.

Рисунок 1.1 - барабанна сушарка

кінцях барабана, що обертається, монтують ковзаючі газоушільнюючі пристрої, що значно скорочують підсоси в систему повітря. Прямоточна схема руху газів і матеріалу допомагає уникнути перегріву матеріалу, так як в цьому випадку найбільш гарячі гази стикаються з матеріалом, що має найбільшу вологість. Матеріал з бункера 12 подається в завантажувальну насадку 8.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ

Арк.

10

Сталь Ст5 звичайної якості застосовують для виготовлення несучих і не несучих елементів для зварних і незварних конструкцій, а також деталей, що працюють при позитивних температурах. Листовий і фасонний прокат 5 категорії (до 10мм) - для несучих елементів зварних конструкцій, призначених для експлуатації в діапазоні від -40 до +425 °С при змінних навантаженнях.

Матеріал для бандажу Сталь 45Л-1 ГОСТ 977-88.

Густина - 7850 кг/м³;

Коефіцієнт лінійного розширення при 20-100° С - 11,85 *10⁶ с⁻¹;

Коефіцієнт теплопровідності при 20-100° С – 48,2 Вт/(м* °С);

Модуль нормальної пружності при 20° С – 214 Гн/м²;

Хімічний склад в % матеріалу Сталь 45Л-1:

Сплав містить: Кремній - 0.17-0.37%; Мідь - 0.25%; Миш'як - 0.08%; Марганець - 0.50-0.80%; Нікель - 0.25%; Фосфор - 0.035%; Хром - 0.25%; Сірка - 0.04%.

Механічні властивості матеріалу Сталь 45Л-1:

Межа короточасної міцності σ_B –320 МПа;

Межа пропорційності (межа плинності для залишкової деформації) σ_T -550МПа;

Відносне подовження при розриві δ_5 - 12%;

Відносне звуження ψ - 20%;

Твердість матеріалу: НВ 10⁻¹ = 143 - 241 МПа.

Призначення: станини, зубчасті колеса і вінці, гальмівні диски, муфти, кожухи, опорні катки, зірочки та інші деталі, до яких пред'являються вимоги підвищеної міцності і високого опору зносу і працюють під дією статичних і динамічних навантажень.

Матеріал для роликів опорних Сталь 40Л-1 ГОСТ 977-88.

Густина - 7850 кг/м³;

Коефіцієнт лінійного розширення при 20-100° С - 11,95 *10⁶ с⁻¹;

Коефіцієнт теплопровідності при 20-100° С – 51,9 Вт/(м* °С);

Модуль нормальної пружності при 20° С – 2,09 Гн/м²;

Хімічний склад в % матеріалу Сталь 40Л-1:

Сплав містить: Кремній - 0.17-0.37%; Мідь - 0.25%; Миш'як - 0.08%; Марганець - 0.50-0.80%; Нікель - 0.25%; Фосфор - 0.035%; Хром - 0.25%; Сірка - 0.04%.

Механічні властивості матеріалу Сталь 40Л-1:

Межа короточасної міцності σ_B –570МПа;

										Арк.
										12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Межа пропорційності (межа плинності для залишкової деформації)
 σ_T -215МПа;

Відносне подовження при розриві δ_5 - 19%;

Відносне звуження ψ - 45%;

Твердість матеріалу: НВ 10^{-1} = 187 МПа.

Призначення: труби, поковки, кріпильні деталі, вали, диски, ротори, фланці, зубчасті колеса, втулки для тривалої і дуже тривалої служби при температурах до 425 °С.

Сірий чавун Сч 18-36 ГОСТ 1412-85.

Сірий чавун, широко застосовується в машинобудуванні та являє собою не суцільний метал, а пористу металеву губку - сплав заліза з графітом, пори якої заповнені пухкою неметалевою речовиною - графітом. Чавун досить крихкий. Його відносне подовження при розриві дуже низько. Він розбивається на шматки ударом.

Густина – $7,1 \cdot 10^3$ кг/м³;

Коефіцієнт лінійного розширення при 20-100° С – $9,5 \cdot 10^{-6}$ с-1;

Коефіцієнт теплопровідності при 20-100° С – 51,9 Вт/(м* °С);

Модуль нормальної пружності при 20° С – 54 Гн/м²;

Хімічний склад в % матеріалу Сч 18-36:

Сплав містить: Кремній – 3,3-3,5%; Марганець – 1,4-2,4%; Фосфор - 0.2%;
Сірка - 0.15%.

Механічні властивості матеріалу Сч 18-36:

Межа короточасної міцності σ_B –180МПа;

Відносне подовження при розриві δ_5 - 19%;

Твердість матеріалу: НВ 10^{-1} = 216 МПа.

					ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

2 РЕМОНТНО-МЕХАНІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Матеріальний та тепловий баланси процесу.

Для сушарки барабанного типу вибираємо прямотокову схему руху матеріалу і теплоносія.

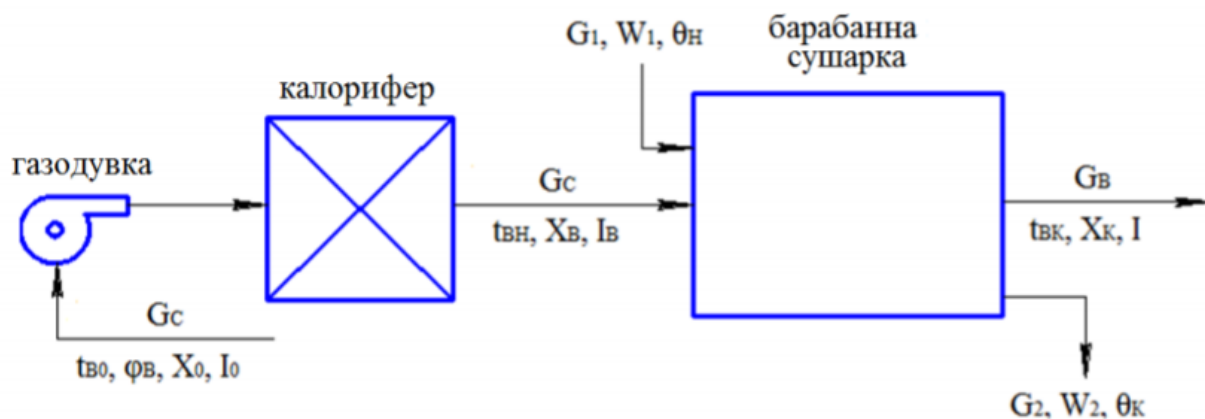


Рисунок 2.1 – Розрахункова схема сушильного вузла установки

Вихідні дані:

$G_2 = 1600$ кг/год, продуктивність по вологому матеріалу;

$\omega_1 = 7\%$ вологість сирого цукру (до сушки);

$\omega_2 = 0,4 \%$ вологість цукру на виході з сушки,

T °C – початкова та кінцева температура цукру: $t_1=18^\circ\text{C}$, $t_2=30^\circ\text{C}$.

Знайти кількість випареної вологи:

$$W = G_1 - G_2 \quad (2.1)$$

Визначаємо кількість виділеної вологи з рівняння матеріального балансу.

$$W = G_2 \frac{\omega_1 - \omega_2}{1 - \omega_2} \quad (2.2)$$

Знайти кількість випареної вологи :

$$W = 1600 \frac{0,07 - 0,004}{1 - 0,004} = 106,02 \text{ кг/год (0,029 кг/с)}$$

									Арк.
									14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ				

Приймаємо вихідні параметри для повітря.

По І-х діаграмі (див. Додаток А) вирахуємо ентальпію повітря перед і після калорифера прийнявши що утримання вологи повітря при нагріванні калорифері не змінюється.

Температура в літнього період $t_0 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, відносна вологість повітря 75 %; в зимовий період $t_0 = -10 \text{ }^\circ\text{C}$, відносна вологість повітря 90 %. Температура повітря після нагріву в калорифері $t = 120 \text{ }^\circ\text{C}$, температуру сушильного агента на виході з сушильної камери, для забезпечення теплопередачі приймаємо $50 \text{ }^\circ\text{C}$ – для зимової пори, $45 \text{ }^\circ\text{C}$ – для літньої пори.

Для літньої пори:

$$I_0 = 50 \text{ кДж/кг}; I_1 = 164 \text{ кДж/кг}$$

$$X_0 = 0,012 \text{ кг/кг}; X_1 = 0,044 \text{ кг/кг}$$

Для зимньої пори:

$$I_0 = 2 \text{ кДж/кг}; I_1 = 138 \text{ кДж/кг}$$

$$X_0 = 0,003 \text{ кг/кг}; X_1 = 0,031 \text{ кг/кг};$$

Вираховуємо питому витрату повітря.

$$L = \frac{1}{x_1 - x_0} \quad (2.3)$$

Для літньої пори:

$$L = \frac{1}{0,044 - 0,012} = 31,25 \text{ кг}$$

Для зимньої пори:

$$L = \frac{1}{0,031 - 0,003} = 35,71 \text{ кг}$$

Вирахуємо кількість теплоти, затрачені на нагрівання сірчаноокислого калію.

$$Q_c = G_1 \cdot C \cdot (t_2 - t_1) \quad (2.4)$$

де: $C = 1,38 \text{ кДж/кг}$ – теплоємність сірчаноокислого калію;

$t_1 = 18 \text{ }^\circ\text{C}$ температура сірчаноокислого калію на вході в сушарку;

$t_2 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ – температура сірчаноокислого калію на виході із сушильної камери.

					ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

При цьому температуру сушильного агента на виході з сушильної камери, для забезпечення теплопередачі приймаємо 50 °С.

Вирахуємо кількість теплоти, затрачені на нагрівання сірчанокислового калію.

$$Q_c = \frac{1600}{3600} \cdot 1,38 \cdot (30 - 18) = 7,36 \text{ кВт}$$

Теплові витрати в розрахунку на 1 кг випареної вологи складають:

$$g = (I_1 - I_0) \cdot L \cdot W \quad (2.5)$$

Для літньої пори:

$$g = (164 - 50) \cdot 31,25 \cdot 0,029 = 103,31 \text{ кВт}$$

Для зимньої пори:

$$g = (138 - 2) \cdot 35,71 \cdot 0,029 = 140,84 \text{ кВт}$$

Теплові витрати на 1 кг. випареної вологи складають:

$$g_{\text{пот.}} = 0,1 \cdot g \quad (2.6)$$

Для літньої пори:

$$g_{\text{пот.}} = 0,1 \cdot 103,31 = 10,33 \text{ кДж/кг}$$

Для зимньої пори:

$$g_{\text{пот.}} = 0,1 \cdot 140,84 = 14,08 \text{ кДж/кг}$$

Кількість тепла, яке поступає в сушильну камеру по відношенню до 1 кг випареної вологи:

$$\Delta = g + g_{\text{пот.}} + C_p \cdot t_0 \quad (2.7)$$

					ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

де: $C_p = 1,009$ кДж /кг – теплоємність сухого повітря.

Для літньої пори:

$$\Delta = 103,31 + 10,33 + 1,009 \cdot 20 = 133,8 \text{ кДж}$$

Для зимньої пори:

$$\Delta = 140,84 + 14,08 + 1,009 \cdot (-10) = 144,83 \text{ кДж}$$

Тоді ентальпія повітря I_2 .

$$I_2 = I_1 - \left(\frac{\Delta}{L}\right) \quad (2.8)$$

Для літньої пори складає:

$$I_2^L = 164 - \left(\frac{133,8}{31,25}\right) = 159,72 \text{ кВт/кг}$$

В зимову пору:

$$I_2^Z = 138 - \left(\frac{144,83}{35,71}\right) = 133,94 \text{ кВт/кг}$$

Витрати повітря:

$$G_6 = \frac{W}{x_1 - x_0} \quad (2.9)$$

В літню пору:

$$G_6^L = \frac{0,029}{0,044 - 0,012} = 0,91 \text{ кг/с}$$

В зимову пору:

$$G_6^Z = \frac{0,029}{0,031 - 0,003} = 1,04 \text{ кг/с}$$

					ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тепловий баланс сушильної камери:

$$Q_1 + Q_k + Q_0 = Q_2 + Q_3 + Q_{\text{пот.}} \quad (2.10)$$

де: Q_1 – кількість тепла поступаючого з сирим сірчаноокислим калієм, кДж/кг;

Q_k – кількість тепла, яке передається повітрям в калорифер, кДж/кг;

Q_0 – кількість тепла, яке поступає зі свіжим повітрям, кДж/кг;

Q_2 – кількість тепла, яке виходить з відпрацьованим повітрям, кДж/кг;

Q_3 – кількість тепла, яке переходить в охолоджену камеру з сірчаноокислим калієм, кДж/кг.

$Q_{\text{пот.}}$ – затрати навколишнього середовища.

Виходячи з цього, знаходимо кількість тепла, яке передається повітрям в калорифері:

$$Q_k = (G_0^0 \cdot I_2 + B_c \cdot C_c \cdot t_k + g_{\text{пот.}} \cdot W) - (B_c \cdot C_c \cdot t_{\text{п}} + G_0^0 \cdot I_0) \quad (2.11)$$

Для літньої пори:

$$Q_k^{\text{л}} = (0,91 \cdot 159,72 + 1,22 \cdot 1,05 \cdot 30 + 10,33 \cdot 0,029) - \\ -(1,22 \cdot 1,05 \cdot 18 + 0,91 \cdot 50) = 115,52 \text{ кВт}$$

Для зимової пари:

$$Q_k^{\text{з}} = (1,04 \cdot 133,94 + 1,22 \cdot 1,05 \cdot 30 + 14,08 \cdot 0,029) - \\ -(1,22 \cdot 1,05 \cdot 18 + 1,04 \cdot 50) = 103,08 \text{ кВт}$$

Знаходимо необхідну кількість гріючої пари:

$$D = \frac{Q_k}{I - C_k \cdot t_k} \quad (2.12)$$

									Арк.
									18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ				

Для підігріву приймемо температуру пари $t_n = 132 \text{ }^\circ\text{C}$

При тиску $p = 4 \text{ атм}$, ентальпія пари складе $I = 2737,7 \text{ кДж/кг}$

Температуру конденсату вирахуємо так:

$$t_k = t_n - 2 \text{ }^\circ\text{C} \quad (2.13)$$

$$t_k = 132 - 2 = 130 \text{ }^\circ\text{C}$$

Для літньої пори:

$$D = \frac{115,52}{2737,7 - 4,187 \cdot 130} = 0,053 \text{ кг/с}$$

Для зимової пори:

$$D = \frac{103,08}{2737,7 - 4,187 \cdot 130} = 0,047 \text{ кг/с}$$

2.2 Технологічні розрахунки.

Витрата сухого теплоносія в сушарці:

$$G_c = \frac{W}{x_1 - x_0} \quad (2.14)$$

$$G_c = \frac{106,02}{0,044 - 0,012} = 3313,13 \text{ кг/год}$$

Витрата вологого теплоносія на виході з сушарки:

$$V_B = V_{\text{пит}} \cdot G_c \quad (2.15)$$

$$V_{\text{пит}} = \frac{R_B \cdot T}{p - \varphi_B \cdot p_{\text{нас}}} \quad (2.16)$$

де: $R_B = 287 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$ – газова стала для повітря;

T – температура повітря на виході, $^\circ\text{C}$;

					ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

P – тиск пароповітряної суміші (через високу температуру на виході приймаємо 0,2 атм.), Па;

φ_B – відносна вологість повітря в частках;

$\rho_{\text{нас}}$ – тиск насиченої водяної пари, Па.

$$V_{\text{пит}} = \frac{287 \cdot 318}{2 \cdot 10^5 - 0,75 \cdot 3,2 \cdot 10^4} = 0,52 \text{ м}^3/\text{кг}$$

$$V_B = 0,52 \cdot 3313,13 = 1722,8 \text{ м}^3/\text{кг}$$

2.3 Конструктивні розрахунки.

Прийmemo швидкість повітря на виході з сушарки за таблиця 1 (див. Додаток Б): $\omega_r = 4$ м/с при розмірі частинок $\delta_{\text{ч}} =$ більше 2 мм і відповідній насипній щільності матеріалу.

Внутрішній діаметр сушильного барабана:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot V_B}{\pi \cdot (1 - \varphi) \cdot \omega_r}} \quad (2.17)$$

де: $\varphi = 0,2$ – коефіцієнт заповнення барабана.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1722,8}{3,14 \cdot (1 - 0,2) \cdot 4 \cdot 3600}} = 0,43 \text{ м}$$

Прийнявши товщину футерування $\delta_{\text{ф}} = 0,15$ м [12], розрахуємо зовнішній діаметр сушарки:

$$D_3 = D + 2 \cdot \delta_{\text{ф}} \quad (2.18)$$

$$D_3 = 0,43 + 2 \cdot 0,15 = 0,73 \text{ м}$$

За таблицею 2 (див. Додаток Б) приймаємо зовнішній діаметр барабана $D_3 = 1$ м.

А внутрішній діаметр:

					ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$D = 1 - 2 \cdot 0,15 = 0,7 \text{ м}$$

Об'єм барабана при напруженості його по волозі:

$$V_{\text{б}} = \frac{W}{A_0} \quad (2.19)$$

де: W – витрата випаровуваної вологи, кг/с;

A_0 – напруженість барабана по волозі, $A_0 = 6 \cdot 10^{-3}$ кг/(м² · с).

$$V_{\text{б}} = \frac{0,029}{0,006} = 4,83 \text{ м}^3$$

Розрахункова довжина барабана:

$$L_{\text{б.р}} = \frac{4 \cdot V_{\text{б}}}{\pi \cdot D^2} \quad (2.20)$$

де: $V_{\text{б}}$ - об'єм барабана, м³.

$$L_{\text{б.р}} = \frac{4 \cdot 4,83}{3,14 \cdot 0,7^2} = 12,6 \text{ м}$$

Стандартних сушарок з такими параметрами немає. Тоді, оскільки швидкість газів знизити не можна, приймаємо зовнішній діаметр $D_3 = 1,2$ м.

А внутрішній діаметр:

$$D = 1,2 - 2 \cdot 0,15 = 0,9 \text{ м}$$

Тоді, довжина барабана:

$$L_{\text{б.р}} = \frac{4 \cdot 4,83}{3,14 \cdot 0,9^2} = 7,6 \text{ м}$$

Таким чином, остаточно приймаємо сушарку барабанну СБ 1,2-8, для якої $D_{\text{б}} = 1,2$ м; $L_{\text{б}} = 8$ м.

					ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Далі визначаємо частоту обертання барабана (об/хв.):

$$n_{\text{б}} = \frac{m \cdot k \cdot L_{\text{б}}}{\tau \cdot D_{\text{б}} \cdot \text{tg} \alpha} \quad (2.21)$$

де: $m = 0,5$ – коефіцієнт, що залежить від типу насадки (прийнято для підйомнолопатевої насадки);

$k = 0,7$ – коефіцієнт, що враховує прямоочний рух сірчаноокислим калієм і повітря;

$L_{\text{б}} = 8$ м – довжина барабана;

$D_{\text{б}} = 1,2$ м – діаметр барабана;

$\alpha = 4^\circ$ – кут нахилу барабана до горизонту;

τ – тривалість процесу сушіння, хв.

Тривалість процесу сушіння для барабанної камери визначається за формулою:

$$\tau = \frac{\beta \cdot \rho_{\text{ч}} (1 + \omega_{\text{к}})}{2 \cdot A \cdot [200 - (1 - \omega_{\text{к}})]} \quad (2.22)$$

$$\tau = \frac{0,04 \cdot 2660 (1 + 0,4)}{2 \cdot 6 \cdot [200 - (1 - 0,4)]} = 0,062 = 4,12 \text{ хв}$$

Тоді частота обертання барабана буде становити:

$$n_{\text{б}} = \frac{0,5 \cdot 0,7 \cdot 8}{4,12 \cdot 1,2 \cdot \text{tg} 4} = 8,1 \text{ об/хв}$$

Необхідна потужність на обертання барабана визначається за формулою:

$$N = 0,0013 \cdot D_{\text{б}}^3 \cdot L_{\text{б}} \cdot \rho_{\text{м}} \cdot k_{\text{нас.}} \cdot n_{\text{б}} \quad (2.23)$$

де: $k_{\text{нас.}} = 0,038$ – коефіцієнт потужності, що залежить від типу насадки і коефіцієнта заповнення барабана.

$$N = 0,0013 \cdot 1,2^3 \cdot 8 \cdot 2660 \cdot 0,038 \cdot 8,1 = 14,71 \text{ Вт}$$

Дійсна швидкість газів в барабані $\omega_{\text{г}}$:

					ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де: V і G – об’ємна і масова витрати теплоносія відповідно, $\text{м}^3/\text{с}$ і $\text{кг}/\text{с}$;
 ρ – густина потоку повітря, $\text{кг}/\text{м}^3$;
 w – швидкість витікання середовища, $\text{м}/\text{с}$.

Рекомендовані швидкості руху теплоносіїв для пари або газу 1,5–10 $\text{м}/\text{с}$.

Діаметр патрубку для входу повітря в сушарку:

$$d_{\text{вх}} = \sqrt{\frac{4 \cdot \frac{1600}{3600}}{3,14 \cdot 1 \cdot 1,5}} = 0,6 \text{ м}$$

Приймаємо діаметр патрубку 600 мм.

Для патрубку виведення відпрацьованого повітря приймаємо максимально рекомендовану швидкість, а саме 10 $\text{м}/\text{с}$. Це необхідно для створення потрібного напору задля подальшого очищення газу у циклоні.

Діаметр патрубку для виходу повітря із сушарки:

$$d_{\text{вих}} = \sqrt{\frac{4 \cdot \frac{1722,8}{3600}}{3,14 \cdot 10}} = 0,247 \text{ м}$$

Приймаємо діаметр патрубку 250 мм.

2.4 Гідравлічний опір апарата.

У цьому підрозділі визначаємо гідравлічний опір сушильного барабана за методикою [14].

Густина і динамічна в’язкість повітря при усередненій температурі $t_{\text{вср}} = 80$ °С відповідно дорівнюють: $\rho_{\text{вср}} = 1$ $\text{кг}/\text{м}^3$; $\mu_{\text{вср}} = 21,1 \cdot 10^{-6}$ $\text{Па} \cdot \text{с}$.

За прийнятим коефіцієнтом заповнення барабана $\varphi = 0,2$ відносний вільний перетин барабана складе $\varphi_{\text{п}} = 0,85$.

Еквівалентний діаметр барабана для секторної насадки:

$$D_E = \frac{\pi \cdot D \cdot \varphi_{\text{п}}}{\pi \cdot Z} \quad (2.28)$$

де: Z – відношення довжини барабана до його внутрішнього діаметра;

										Арк.
										24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ					

$$Z = \frac{10}{1,2 - 2 \cdot 0,15} = 11,1$$

$$D_E = \frac{3,14 \cdot (1,2 - 2 \cdot 0,15) \cdot 0,85}{3,14 \cdot 11,1} = 0,07 \text{ м}$$

Критерій Рейнольдса для частинок розміром $\delta_{\text{CP}} = 0,85$ мм.

$$Re = \frac{\omega_{\Gamma} \cdot \delta_{\text{CP}} \cdot \rho_{\text{Вср}}}{\mu_{\text{Вср}}} \quad (2.29)$$

$$Re = \frac{4 \cdot 0,85 \cdot 1}{21,1 \cdot 10^{-6}} = 161137$$

За рисунком [14] визначаємо як для гладкої труби: $\lambda_B = 2$.

Таким чином, опір барабана (без урахування транспортуючого матеріалу):

$$\Delta P_B = \lambda_B \cdot \frac{L}{D_E} \cdot \omega_{\Gamma}^2 \cdot \rho_{\text{Вср}} \quad (2.30)$$

$$\Delta P_B = 2 \cdot \frac{8}{0,07} \cdot 4^2 \cdot 1 = 3657 \text{ Па}$$

Відносна масова концентрація матеріалу:

$$y = \frac{G_1 + (G_1 - W)}{2} \cdot G_C \cdot X_K \quad (2.31)$$

$$y = \frac{1600 + (1600 - 106,02)}{2 \cdot 3600} \cdot \frac{3313,13}{3600} \cdot 0,044 = 17,4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/кг}$$

Опір сушильного барабана при $k = 1,4$ [14]:

$$\Delta P = \Delta P_B \cdot (1 + k \cdot y) \quad (2.32)$$

$$\Delta P = 3657 \cdot (1 + 1,4 \cdot 17,4 \cdot 10^{-3}) = 3746,1 \text{ Па}$$

										Арк.
										25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

За літературними даними [11] опір барабанної сушарки знаходиться у діапазоні 3500–4000 Па при швидкості сушильного агента 3–5 м/с і заповненні барабану до 20 %. Отже, наше отримане значення ($\Delta P = 36746,1$ Па) відповідає вказаному чисельному діапазону.

2.5 Вибір допоміжного обладнання.

Розрахунок і вибір повітродувки [15].

Відповідно до схеми (рис. 2.1), подача сушильного агента (повітря) в барабанну сушарку забезпечується за допомогою повітродувки.

Повітродувку підбирають у залежності від номінальної подачі і створюваного тиску, необхідного для подолання опорів повітряного тракту з метою нормальної роботи сушарки. Загальний тиск, що розвивається повітродувкою (P , Па) визначається за формулою:

$$P = 1,05 \cdot (\Delta P_1 + \Delta P_2) \quad (2.33)$$

де: $\Delta P_1 = 36746,1$ Па – опір барабанної сушарки;

$\Delta P_2 = 1500$ Па – опір калорифера (приймається);

1,05 – коефіцієнт, який враховує втрати тиску в газопроводах (5 %).

$$P = 1,05 \cdot (36746,1 + 1500) = 40158,4 \text{ Па}$$

Потужність, споживана повітродувкою:

$$N = \frac{V \cdot P}{1000 \cdot \eta} \quad (2.34)$$

де: V – об'ємна витрата повітря, необхідного для висушування матеріалу;

η – загальний ККД повітродувки; приймаємо $\eta = 0,6$.

Визначаємо об'ємну подачу повітря вентилятором:

$$V = \frac{G_c \cdot (t_{B0} + 273)}{3600 \cdot \rho_B \cdot 273} \quad (2.35)$$

					ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V = \frac{3313,13 \cdot (20 + 273)}{3600 \cdot 1,2 \cdot 273} = 0,82 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$N = \frac{0,82 \cdot 40158,4}{1000 \cdot 0,6} = 54,88 \text{ кВт}$$

Повітродувки ВР – це надійні (ресурс до 100000 годин) машини, призначені для подачі повітря в басейни аерації, печі, сушарки та інших застосувань. Повітродувки ВР забезпечують створення надлишкового тиску до 100 кПа або вакууму до 50 кПа (окремі моделі до 90 кПа) в широкому діапазоні продуктивностей. Їх виготовляють на базі компресорних вузлів компаній Robushi (Італія).

Із запасом 30 % вибираємо повітродувку марки ВР-125 з наступними характеристиками:

- продуктивність – 125 м³/хв.;
- максимальний перепад тиску – 120 кПа;
- електродвигун типу АО1-160-2 потужністю 65 кВт.

Розрахунок і вибір циклону [12].

Циклонні апарати внаслідок дешевизни і простоти пристрою і експлуатації, відносно невеликого опору і високої продуктивності є найбільш поширеним типом механічних пиловловлювачів. Циклонні пиловловлювачі мають наступні переваги перед іншими апаратами: відсутність рухомих частин; надійна робота при температурі до 500°С без конструктивних змін; можливість роботи циклонів при високому тиску; стабільна величина гідравлічного опору; простота виготовлення і можливість ремонту; підвищення концентрації пилу не призводить до зниження фракційної ефективності апарата. До недоліків можна віднести тільки низьку ефективність при уловлюванні частинок розміром < 5 мкм.

Розраховуємо площу перетину циклону:

$$F = \frac{V}{v_0} \quad (2.36)$$

де: v_0 – оптимальна швидкість газового потоку в циклоні, приймаємо $v_0 = 3,5 \text{ м/с}$.

$$F = \frac{0,82}{3,5} = 0,23 \text{ м}^2$$

										Арк.
										27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ					

Визначаємо діаметр циклону:

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{F} \quad (2.37)$$

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{0,23} = 0,54 \text{ м}$$

Із ряду типорозмірів вибираємо циклон ЦН-15 діаметром 0,6 м.

Розраховуємо дійсну швидкість повітря в циклоні:

$$v'_0 = \frac{1,27 \cdot V}{D^2} \quad (2.38)$$

$$v'_0 = \frac{1,27 \cdot 0,82}{1,2^2} = 0,73 \text{ м/с}$$

Розраховуємо відхилення дійсної швидкості газу в циклоні від оптимальної:

$$\frac{v_0 - v'_0}{v_0} \cdot 100\% \quad (2.39)$$

$$\frac{3,5 - 0,73}{3,5} \cdot 100\% = 7,9\%$$

					ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 РОЗРАХУНКИ АПАРАТА НА МІЦНІСТЬ ТА ГЕРМЕТИЧНІСТЬ

3.1 Розрахунок товщини стінки барабана.

Попередньо вибираємо товщину стінки барабана.

$$S_6 = (0,007 - 0,01) \cdot D_6 \quad (3.1)$$

$$S_6 = (0,007 - 0,01) \cdot 1200 = 8,4 - 12 \text{ мм}$$

Приймаємо $S_6 = 10 \text{ мм}$.

Тоді перевіряємо барабан на міцність по допускає мій напрузі на згиб, як балка кольцевого розтину. В простій розрахунковій схемі барабан можна представити як балку довжиною L , вільно лежачою на двох опорах і навантажено рівномірно загрузкою від ваги барабана завантаженого матеріалу і локальної загрузки від вінцевої шестерні.

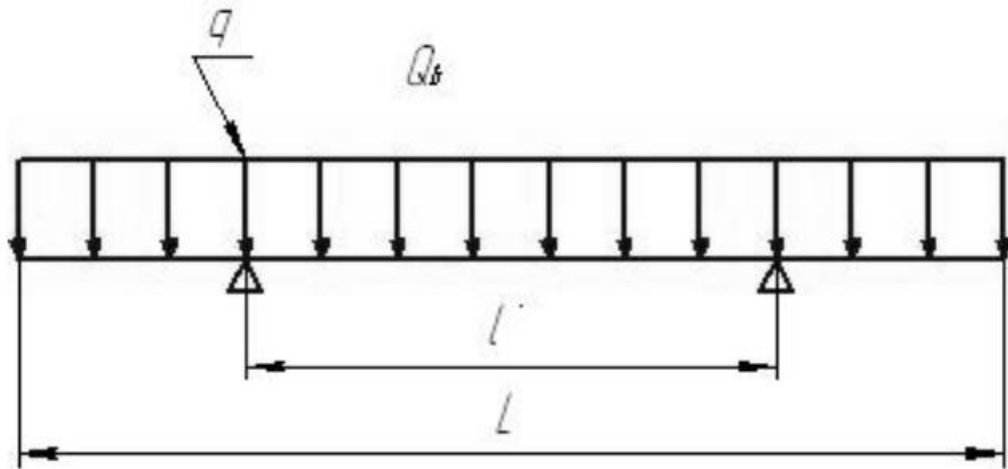


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема для визначення товщини барабана.

$$\sigma = \frac{M}{W_6} \leq [\sigma]_н \quad (3.2)$$

де: M – сумарний згинаючий момент;

W_6 – момент опору перерізу барабана;

$[\sigma]_н=5-10 \text{ МН/м}^2$ – допустиме напруження згину матеріалу барабана при робочій температурі;

									Арк.
									29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ				

$$M = M_1 + M_2 \quad (3.3)$$

де: M_1 – згинаючий момент від рівномірно розподіленого навантаження між опорами;

M_2 – згинаючий момент від зосередженого навантаження вінцевої шестерні.

Згинаючий момент від рівномірно розподіленого навантаження між опорами розраховуємо за формулою:

$$M_1 = \frac{G_6 + G_M}{2} \cdot \frac{e_0 \cdot L}{2} - g \cdot \frac{L^2}{8} \quad (3.4)$$

де: G_6 – вага пустого барабана;

G_M – вага матеріалу в барабані;

ρ_6 – густина матеріалу барабана; $\rho_6 = 7900 \text{ кг/м}^3$.

$$G_6 = \pi D S L \rho_6 g \quad (3.5)$$

Тоді вага барабана складає:

$$G_6 = 3,14 \cdot 1,2 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \cdot 8 \cdot 7900 \cdot 9,81 = 23361,3 \approx 0,023 \text{ МН}$$

Вага матеріалу барабана:

$$G_M = \frac{\pi D^2}{4} \cdot L_6 \cdot \rho_H \cdot B \cdot g \quad (3.6)$$

$$G_M = \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} \cdot 8 \cdot 0,12 \cdot 2660 \cdot 9,81 = 28317,44 \approx 0,028 \text{ МН}$$

Розподілене навантаження δ :

$$\delta = \frac{G_6 + G_M}{L} \quad (3.7)$$

$$\delta = \frac{0,023 + 0,028}{8} = 0,0058 \text{ МН/м}$$

					ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Згинаючий момент від рівномірно розподіленого навантаження між опорами:

$$M_1 = \frac{0,023 + 0,028}{2} \cdot \frac{0,585 \cdot 8}{2} - 0,014 \cdot \frac{8^2}{8} = 0,05 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Згинаючий момент від зосередженого навантаження в'язцевої шестерні визначаємо за формулою:

$$M_2 = \frac{G_6 \cdot L \cdot e_0}{4} \quad (3.8)$$

де: G_6 – вага в'язцевої шестерні, $G_6 = 0,02$ МН.

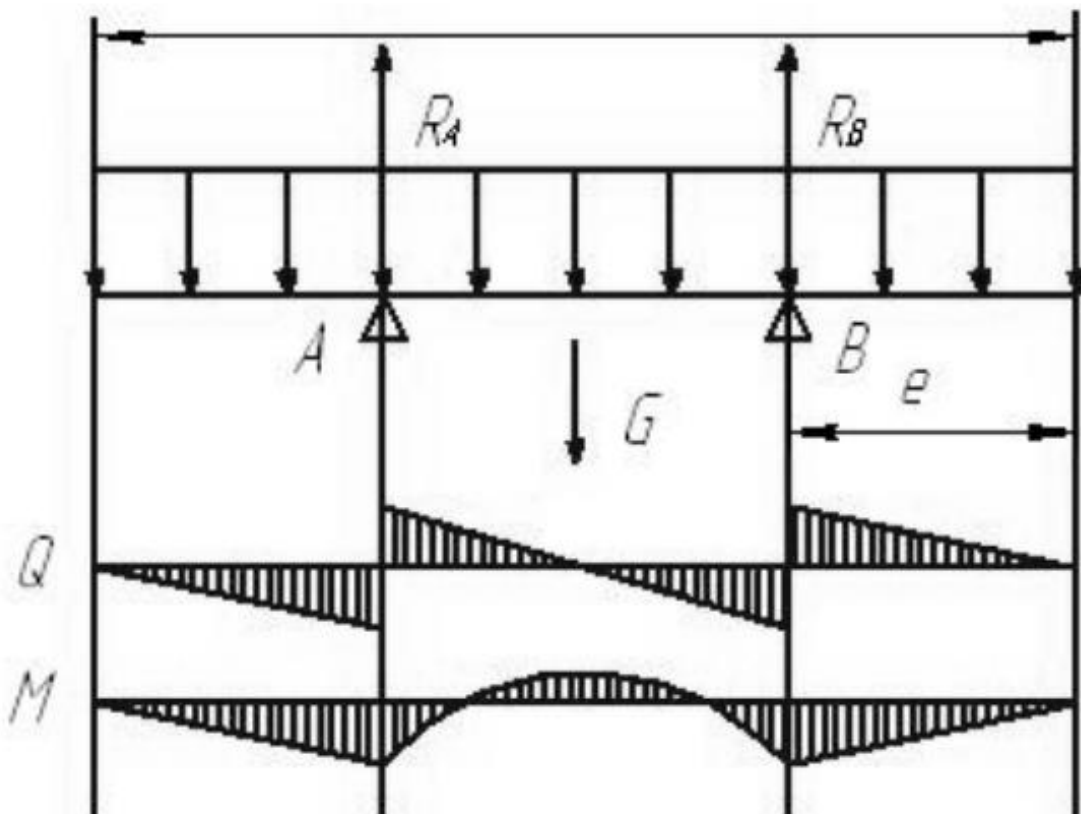


Рисунок 3.2 – Схема існуючих сил та моментів.

$$M_2 = \frac{0,02 \cdot 8 \cdot 0,585}{4} = 0,023 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

										Арк.
										31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Загальний згинаючий момент:

$$M = 0,05 + 0,023 = 0,073 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Момент опору розгину барабана визначаємо так:

$$W_{\phi} = 0,785 \cdot D^2 \cdot S \quad (3.9)$$

$$W_{\phi} = 0,785 \cdot 1,2^2 \cdot 0,01 = 0,01 \text{ м}^3$$

$$\sigma_{\text{н}} = \frac{0,073}{0,01} = 7,3 \text{ МН/м}^2 < [\sigma]_{\text{н}} (5 \div 10 \text{ МН/м}^2)$$

Умова на міцність виконується.

Після перевірки на міцність проводимо перевірку на прогин. Для нормальної роботи допускається на прогин f не більше $1/3$ мм на 1 м довжини барабана:

$$f = 0,0003 \cdot e_0 \cdot L \quad (3.10)$$

Допустимий прогин для даної сушарки буде дорівнювати:

$$[f] = 0,0003 \cdot 0,585 \cdot 8 = 0,0014 \text{ м}$$

Прогин барабана буде складатися із прогину барабана f_1 дії рівномірно розподіленого навантаження і з прогину f_2 барабана від ваги вінцевої шестерні $G_{\text{в}}$:

$$f = f_1 + f_2$$

Прогин барабана від дії рівномірно розподіленого навантаження:

$$f_1 = \frac{5 \cdot \delta \cdot e_0^4}{384 \cdot E \cdot I} \quad (3.11)$$

					ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де: E – модуль пружності матеріалу барабана; $E = 2 \cdot 10^6 \text{ МН}$.

I – момент інерції кільцевого перерізу барабана визначаємо по формулі:

$$I = \frac{\pi \cdot D^3 \cdot f}{8} \cdot S = \frac{\pi}{8} (D + S)^3 \cdot S \quad (3.12)$$

$$I = \frac{3,14}{8} (1,2 + 0,01)^3 \cdot 0,01 = 0,01 \text{ м}^4$$

Визначимо прогин барабана від дії рівномірно розподіленого навантаження:

$$f_1 = \frac{5 \cdot 0,0058 \cdot (0,585 \cdot 8)^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 0,01} = 1,81 \cdot 10^{-5} \text{ м}$$

Прогин барабана від ваги вінцевої шестерні визначимо за формулою:

$$f_2 = \frac{G_B \cdot e_0^4}{48 \cdot E \cdot I} \quad (3.13)$$

$$f_2 = \frac{0,02 \cdot (0,585 \cdot 8)^4}{48 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 0,01} = 9,99 \cdot 10^{-5} \text{ м}$$

Сумарний прогин барабана:

$$f = 1,81 \cdot 10^{-5} + 9,99 \cdot 10^{-5} = 11,8 \cdot 10^{-5} \text{ м}$$

Умова міцності барабана на прогин:

$$f < [f] \quad (3.14)$$

$$0,000118 < 0,0014$$

Так як прогин барабана менше допустимого, то умова міцності барабана на прогин виконується.

					ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Розрахунок та вибір опор барабана.

Опори барабанної сушарки складаються з бандажів і опорних станцій. Бандажі слугують для передачі тиску від ваги барабана і завантаженого матеріалу на опорні рамки.

Бандажі являють собою кільце прямокутного перерізу, для розрахованого діаметра барабана ($3,6\text{м} > 1\text{м}$) застосовуємо вільне прикріплення бандажів, які надівають на чугунці башмаки. Башмаки повернуті упорними головками в різні сторони для попередження осьового зміщення бандажа.

Ширину бандажа попередньо визначаємо за формулою:

$$D_{\delta} = \frac{R}{q_{\kappa}} \quad (3.15)$$

де: R – реакція опорного ролика;

q_{κ} – допустиме з практики експлуатації навантаження, яке припадає на одиницю довжини площі дотику ролика. $q_{\kappa} = 1,0-2,4$ мм.

Приймаємо $q_{\kappa} = 1,1$ мм.

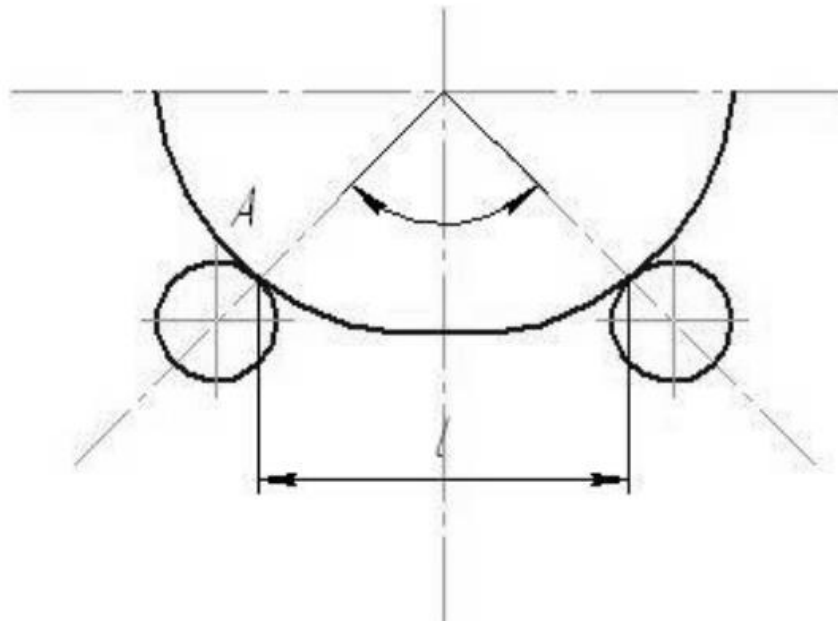


Рисунок 3.3 – Схема опорних роликів.

Реакцію опорного ролика визначаємо по формулі:

$$R = \frac{(G_{\delta} + G_{\text{H}} + G_{\text{B}}) \cdot \cos \alpha}{2 \cdot Z \cdot \cos\left(\frac{\varphi}{2}\right)} \quad (3.16)$$

						ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			34

де: α – кут нахилу барабана;

φ – кут між опорними роликами, $\varphi = 60^\circ$;

Z - число бандажів, $Z=2$.

Тоді:

$$R = \frac{(0,023 + 0,028 + 0,02) \cdot \cos 2}{2 \cdot 2 \cdot \cos\left(\frac{60}{2}\right)} = 0,02 \text{ мН}$$

Ширина опорного ролика

$$D_6 = \frac{0,02}{1,1} = 0,018 \text{ м}$$

Діаметр опорного ролика визначаємо із співвідношення:

$$d_{\text{оп}} = (0,5 \div 0,33)D_6 \quad (3.17)$$

$$d_{\text{оп}} = (0,5 \div 0,33)1,2 = 0,6 \div 0,396 \text{ м}$$

Приймаємо діаметр опорного ролика $d_{\text{оп}} = 600$ мм.

Перевіримо умову натяжної міцності в місці дотику ролика і бандажа.

$$\sigma_c = 0,418 \sqrt{\frac{R}{G_6} E \frac{r_6 + r_{\text{оп}}}{r_6 \cdot r_{\text{оп}}}} \leq [\sigma_c] \quad (3.18)$$

$$\sigma_c = 0,418 \sqrt{\frac{0,02}{0,2} \cdot 1,86 \cdot 10^5 \cdot \frac{0,8 + 0,3}{0,8 \cdot 0,3}} = 122 \text{ МПа} \leq 300 \text{ МПа}$$

Умова контактної міцності виконується, коли ширина опорних роликів перевищуватиме ширину бандажу мінімум на 30 мм. Тоді ширина опорних роликів буде 0,3 м.

Навантаження на опорний ролик:

									Арк.
									35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$T = (0,023 + 0,028 + 0,02) \cdot \cos 2 = 0,071 \text{ МН}$$

Умова міцності на зминання для опорного ролика має вигляд:

$$\sigma_3 = 0,0418 \sqrt{\frac{T \cdot E}{D_6 \cdot r_6 \cdot \sin \frac{\gamma}{2}}} \leq [\sigma_3] \quad (3.19)$$

де: D_6 – ширина опорного ролика;

r_6 – радіус бандажа;

T – осьова сила, яка діє на опорний ролик;

E – модуль пружності матеріалу опорного ролика;

γ – кут конусності опорного ролика. Зазвичай $\gamma = 17^\circ$

$$\sigma_3 = 0,0418 \sqrt{\frac{0,071 \cdot 1,86 \cdot 10^5}{0,018 \cdot 0,8 \cdot \sin \frac{17}{2}}} = 40,25 \text{ МПа} \leq 300 \text{ МПа}$$

Умова міцності виконується.

3.3 Розрахунок вала опорного ролика.

Для вала застосовуємо сталь 40 після покращення. Середнє значення границі витривалості $G_B = 780$ МПа.

Перевіримо вал на зминання під роликом. Умова міцності на зминання має вигляд:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{G_B}{F_{\text{см}}} = [\sigma]_{\text{см}} \quad (3.20)$$

де: $\sigma_{\text{см}}$; $[\sigma]_{\text{см}}$ – умова міцності на зминання і допустимої границі міцності;

$F_{\text{см}}$ – площа зминання.

Допустима границя міцності на зминання розраховується як $2 \cdot [\sigma]$, тобто:

$$2 \cdot \frac{780}{2,5} = 624 \text{ МПа}$$

					ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Площу зминання розраховуємо як добуток діаметру вала на ширину зминання, тобто на ширину ролика:

$$F = 0,3 \cdot 0,25 = 0,075 \text{ м}^2$$

Тоді:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{0,02}{0,075} = 0,26 \text{ МПа} < 624 \text{ МПа}$$

Умова на зминання вала виконується.

Перевіримо вал на напругу згину. Максимальний згинаючий момент від реакції валу по середині між підшипниками:

згинаючий момент:

$$M_3 = \frac{R \cdot T}{2} \quad (3.21)$$

$$M_3 = \frac{0,02 \cdot 0,071}{2} = 0,001 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

момент опору валу згину:

$$W = 0,1 \cdot d^3 \quad (3.22)$$

$$W = 0,1 \cdot 0,25^3 = 0,0016 \text{ м}^3$$

Межа міцності при згині вала:

$$\sigma_3 = \frac{M_3}{W} < [\sigma]_3 \quad (3.23)$$

$$\sigma_3 = \frac{0,001}{0,0016} = 0,625 < 780 \text{ МПа}$$

Границя міцності вала на згин виконується.

Діаметр хвостовика опорного вала розраховуємо із співвідношення:

					ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma = \frac{4 \cdot T}{\pi \cdot d^2} \leq [\sigma] \quad (3.24)$$

Звідси:

$$d = \sqrt{\frac{T}{0,785 \cdot [\sigma]}} \quad (3.25)$$

де: $[\sigma]$ - допустиме напруження на розрив; $[\sigma] = 16 \text{ кН/см}^2$.

$$d = \sqrt{\frac{0,071}{0,785 \cdot 16}} = 0,075 \text{ м}$$

$$\sigma = \frac{4 \cdot 0,071}{3,14 \cdot 0,075^2} = 16 \leq 16 \text{ кН/см}^2$$

Умова міцності валу на розрив виконується.

					ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 МОНТАЖ ТА РЕМОНТ АПАРАТА

4.1 Вибір методів ремонту.

Ремонт - це комплекс операцій з відновлення справності або працездатності обладнання та відновленню ресурсів обладнання.

Види ремонтів

Відповідно до особливостей ушкоджень і зносу складових частин обладнання, а також трудомісткістю ремонтних робіт справжньою системою передбачається проведення наступних видів ремонту: поточного (ПР); капітального (КР).

Поточний ремонт - це ремонт, що виконується для забезпечення або відновлення працездатності обладнання і полягає в заміні або відновленні його окремих вузлів і деталей.

Перелік основних робіт, які виконуються при поточному ремонті, наводиться нижче:

- Проведення операцій періодичного технічного обслуговування;
- Заміна швидкозношуваних деталей і вузлів;
- Ремонт футеровок і протикорозійних покриттів, забарвлення;
- Заміна набивок сальників і прокладок, ревізія арматури;
- Перевірка на точність;
- Ревізія електрообладнання.

Типовий перелік робіт, що підлягає виконанню при поточному ремонті конкретного виду устаткування, складається керівником ремонтного підрозділу (заст. начальника цеху по устаткуванню, механіком цеху або начальником ділянки, майстром ЦЦР, РМЦ), затверджується керівниками інженерних служб підприємства і є обов'язковим додатком до ремонтного журналу.

Капітальний ремонт - це ремонт, виконуваний для відновлення справності та повного або близького до повного відновлення ресурсу обладнання з заміною або відновленням будь-яких його частин, включаючи базові.

Під базовою частиною розуміють основну частину обладнання, призначену для його компонування і встановлення інших складових частин.

При капітальному ремонті проводиться часткове, а в разі потреби і повне розбирання обладнання.

В обсяг капітального ремонту входять такі основні роботи:

- Обсяг робіт поточного ремонту;
- Заміна або відновлення всіх зношених деталей і вузлів;
- Повна або часткова заміна ізоляції, футеровки, протикорозійного захисту;
- Вивірка і центрування машини;
- Випробування і та ін.

									Арк.
									39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

- Гідравлічне або пневматичне випробування на міцність та щільність корпусів;
- Роботи по ізоляції апаратів;
- Монтаж та випробування систем змащування;
- Монтаж автоматичних устроїв;
- Підбір повного комплекту технічної документації.

Обладнання ,яке було змонтоване, повинно бути випробуване на:

- міцність та щільність (ємкості та апарати);
- на холостому ході (машини , механізми та апарати з приводами);
- під навантаженням (машини, механізми та апарати з приводами).

Індивідуальне випробування під навантаженням, є закінченням робіт по монтажу обладнання. В тих випадках, коли індивідуальне випробування під навантаженням неможливо проводити окремо від суміжного обладнання або по технології виробництва, закінченням монтажних робіт вважається індивідуальне випробування змонтованого обладнання на холостому ході. Види та час індивідуального випробування встановлюється технічними умовами.

Основними видами випробування апаратів на міцність та щільність, є гідравлічне та пневматичне випробування. Величина тиску при якому проводиться гідравлічне випробування апаратів 0,7-5 робочого тиску.

Апарати які мають робочу температуру стінки більше 400 °С повинні бути перевірені гідравлічним випробуванням під тиском не менш 1,5 разів. Апарати на які маються спеціальні ГОСТи випробують під тиском який вказаний в цих ГОСТах.

Підвищення тиску до пробного та зменшення його до робочого повинно відбуватись плавно. Тиск який дорівнює робочому підтримують весь час, що необхідний для огляду апарату.

Час випробування апаратів з барабанами які обертаються (4 год. при обкатці на холостому ході, та 8 год. при обкатці під навантаженням).

Випробування під навантаженням проводиться лише при гарних результатах на холостому ході.

Результати випробування на холостому ході та під навантаженням вважаються гарними, якщо отримана спокійна та плавна робота апарату без різких ударів, шумів та стуків, немає течі мастила з корпусів підшипників та редукторів, немає витікання змащуючих, охолоджуючих, уплотнюючих рідин в місцях з'єднання деталей та вузлів, немає просочування води або повітря через сальники та змазку по валу через сальник до внутрішньої порожнини апарату.

Випробування на холостому ході та під загрузкою оформляють актом про закінчення монтажних робіт. Після закінчення індивідуальних випробувань оформлюють акт здачі апарата до експлуатації.

- До акту здачі апарату повинна бути додана наступна технічна документація:

					ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Акт прийому фундаменту – основ під апарати;
- Акт випробування апарата на міцність та щільність;
- Акт випробування апарату на холостому ході та під навантаженням;
- Акт готовності апарату до комплексного випробування;
- Комплект робочих креслень на монтаж апарату, підписаних відповідальними людьми монтажною організацією про відповідність виконаних робіт цим кресленням та про внесення в них змін, зроблених в процесі монтажу.

					ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Працівник, який не пройшов навчання та не склав іспит, до роботи не допускається.

Працівники, які працюють в умовах підвищеної небезпеки, проходять щорічне спеціальне навчання та складають іспит комісії підприємства.

На роботах зі шкідливими, небезпечними умовами праці, пов'язаними із забрудненням повинні видаватися засоби індивідуального захисту та спецодяг:

- Костюм х/б;
- Черевики шкіряні;
- Куртка ватяна;
- Рукавички х/б.

Під час роботи слюсар – ремонтник має дотримуватися санітарних норм та правил особистої гігієни:

- Приступати до роботи лише в засобах індивідуального захисту;
- Зберігати, вживати їжу лише в відведених місцях;
- Після закінчення роботи вимити забруднені ділянки тіла.

При ремонті робітники працюють з такими речовинами, як гаряча вода та водяний пар:

- Гаряча вода – сполука водню з киснем, яка має температуру +90 °С - +120 °С, здатна викликати опіки шкіри;
- Водяна пара – стан рідини від + 120 °С - + 250 °С, здатна викликати важкі опіки шкіри.

Забороняється:

- Працювати несправним інструментом та пристосуванням;
- Застосовувати небезпечні методи ремонту (працювати напилком без ручки, нарощувати довжину ключа трубою);
- Застосовувати молотки та кувалди, ручки яких не закріплені;
- Затискати деталь в лещатах ударами молотка;
- Укладати важкі деталі на краю верстата або стелажах;
- Зберігати і приймати їжу на робочому місці.

- Вимоги безпеки перед роботою:

Перед початком роботи привести в порядок спецодяг;

Організувати робоче місце, щоб все необхідне було під руками;

При необхідності термінового ремонту начальник зміни та змінний майстер повинні дати письмовий дозвіл. Змінний майстер повинен перевірити дотримання правил безпеки, оглянути та допустити необхідний інструмент до ремонту обладнання;

При несправності повідомити майстра і не приступати до роботи до їх усунення.

										Арк.
										45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

- Вимоги безпеки під час роботи:

Перед ремонтом обладнання має бути знеструмлене та заглушене;

Перед здачею до ремонту обладнання має бути очищеним;

Очищення та внутрішній ремонт апаратів допускається після подвійного промивання гарячою водою чи пропарюванням та провітрюванням;

Застосовувати респіратор при великій кількості пилу;

Чистка деталей обладнання проводиться скребками або лопатками;

Під час роботи ставати так, щоб молоток, кувалда чи зубило яке випадково зірветься, не поранило осіб, які працюють чи проходять поруч;

При рубці або різанні деталей необхідно надягати захисні окуляри.

- Працівник проходить такі види інструктажів:

Вступний інструктаж (для осіб які вперше з'явилися на підприємстві. Проводить працівник СОП);

Первинний інструктаж (проводить керівник робіт за місцем їх виконання);

Повторний інструктаж (проводиться на робочому місці індивідуально з окремим працівником або з групою осіб, які виконують однотипні роботи за діючими на підприємстві інструкціями. Проводиться на звичайних роботах – не рідше одного разу на 6 міс., на небезпечних раз на 3 міс.);

Позаплановий інструктаж – проводить керівник робіт у випадках:

- Зміна у технології, обладнанні, продукції, нормативів охорони праці;
- У разі аварії, або нещасного випадку;
- У разі порушення працівником правил роботи;
- У разі тривалої відсутності працівника (більше 60 діб на звичайних роботах; 30 діб – на небезпечних).

Цільовий інструктаж – проводить керівник робіт у випадку:

- Виконання працівником разових робіт, не пов'язаних з основною роботою;
- Ліквідації аварії або стихійного лиха.

- Охорона праці при обслуговуванні установки:

Камери сушарок мають бути герметичні. Біля дверей камери повинні бути встановлені важільні, клинові, гвинтові або інші пристрої, які щільно закривають двері.

Сушильні установки повинні мати теплову ізоляцію, що забезпечує мінімальну втрату тепла, при установці сушарок на відкритому повітрі,

					ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

теплоізоляція повинна бути вологостійкою. Температура ізоляції не повинна перевищувати 45 °С;

Всі сушарки повинні бути забезпечені витяжною вентиляцією.

У сушильній камері повинна знаходитися карта технологічного режиму і годинниковий циферблат, який вказує час вивантаження висушеного матеріалу.

Режим роботи сушильних установок і встановлення характеристики роботи основного і допоміжного устаткування визначаються експлуатаційними випробуваннями, які повинні проводитися: а) після капітальних ремонтів сушарок, б) після внесення конструктивних змін або проведення раціоналізаторських заходів, що потребують перевірки, в) для усунення нерівномірності сушіння, пов'язаної з браком продукції.

Поверхня нагріву калориферів сушильної установки повинна піддаватися періодичному очищенню.

Кожен робітник повинен виконувати тільки доручену йому роботу. Забороняється залишати робоче місце на непрацюючому і працюючому обладнанні.

Особи, які обслуговують теплові установки, повинні знати діючі правила, пройти навчання безпечним методам роботи на робочому місці під керівництвом досвідченого працівника і перевірку знань у кваліфікаційній комісії.

- Правила пожежної безпеки на підприємстві

У статті 20 Кодексу цивільного захисту зазначено, що відноситься до завдань і обов'язків суб'єктів господарювання у сфері цивільного захисту. Зокрема, забезпечення пожежної безпеки на підприємстві передбачає здійснення наступних заходів:

- проведення оцінки ризиків виникнення надзвичайних ситуацій та забезпечення виконання заходів у сфері цивільного захисту;
- навчання працівників правилам пожежної безпеки;
- проведення об'єктових тренувань і навчань;
- здійснення за власні кошти заходів цивільного захисту;
- створення і використання матеріальних резервів для запобігання та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій;
- розробка заходів, щодо забезпечення пожежної безпеки, впровадження досягнень науки, позитивного досвіду;
- забезпечення виконання вимог законодавства у сфері пожежної безпеки, а також вимог відповідних приписів, постанов і розпоряджень центрального органу виконавчої влади;
- утримання у справному стані засобів цивільного та протипожежного захисту, недопущення їх використання не за призначенням;
- здійснення заходів щодо впровадження автоматичних засобів виявлення та гасіння пожеж;

										Арк.
										47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

- розробка і затвердження інструкцій, видання наказів з питань пожежної безпеки, здійснення постійного контролю за їх виконанням.

У даному виробництві передбачені такі первинні засоби пожежогасіння:

- вогнегасник порошковий;

- пісок;

-

КОШМА.

					ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційній роботі бакалпава розраховано і розроблено барабанна сушарка для висушування сірчаного калію.

Наведена технологічна схема сушильння, нагрівання повітря здійснюється в парових калориферах, в якості теплоносія використовується екстра пара першого корпусу випарки, обгрунтовані теоретичні основи процесу сушіння, приведений опис барабанної сушарки та вибір необхідних конструкційних матеріалів. Матеріал, з якого виготовлений апарат, корозійностійкий, що дозволяє зменшити витрати при експлуатації.

Складений матеріальний і тепловий баланс процесу, проведені технологічні розрахунки, визначені конструктивні розміри апарата.

Визначений гідравлічний опір апарата, проведено вибір допоміжного обладнання.

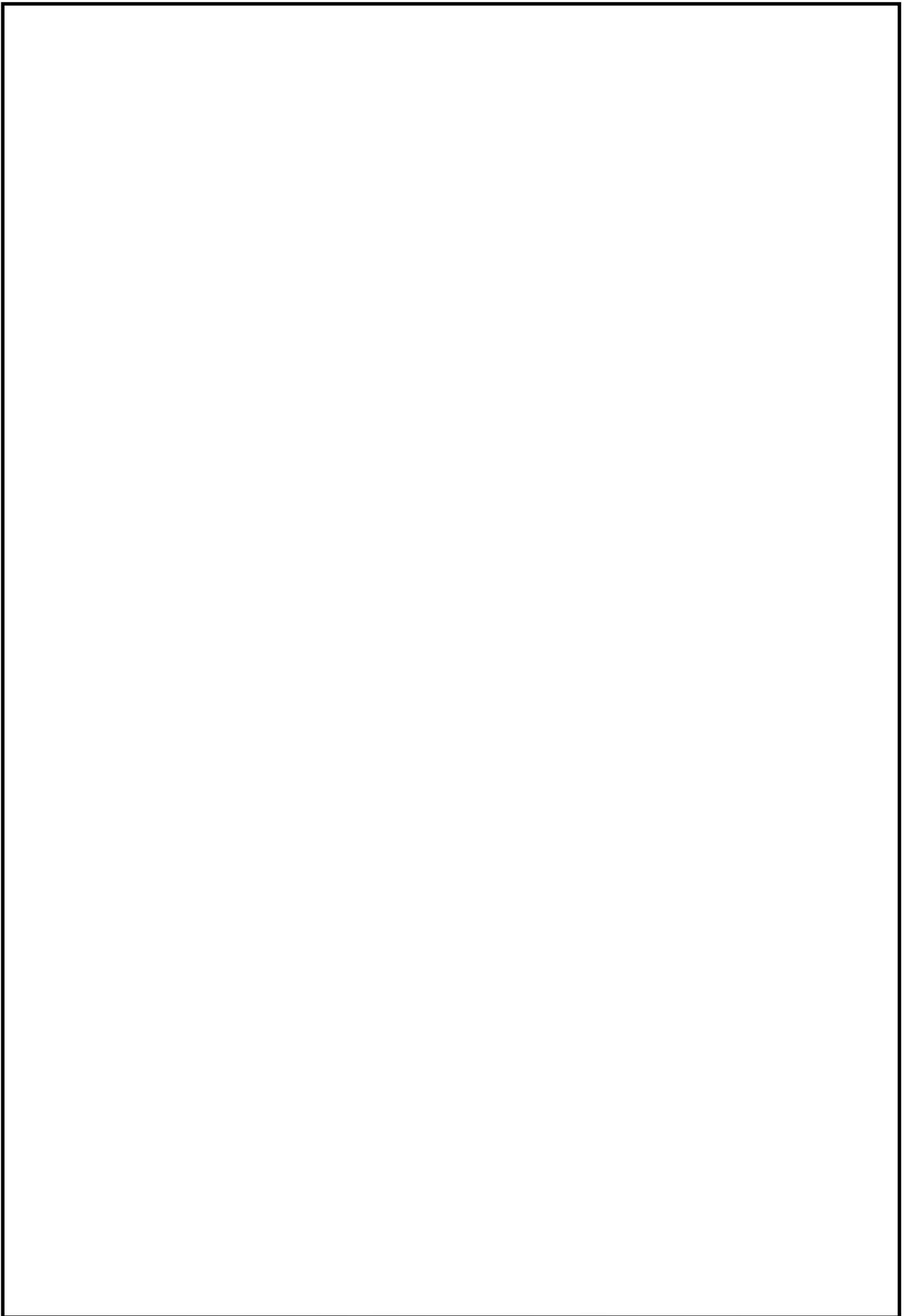
Проведені розрахунки на міцність, жорсткість и герметичність, які підтверджують доцільність прийнятих технічних і конструктивних рішень.

					ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ТА ДЖЕРЕЛ

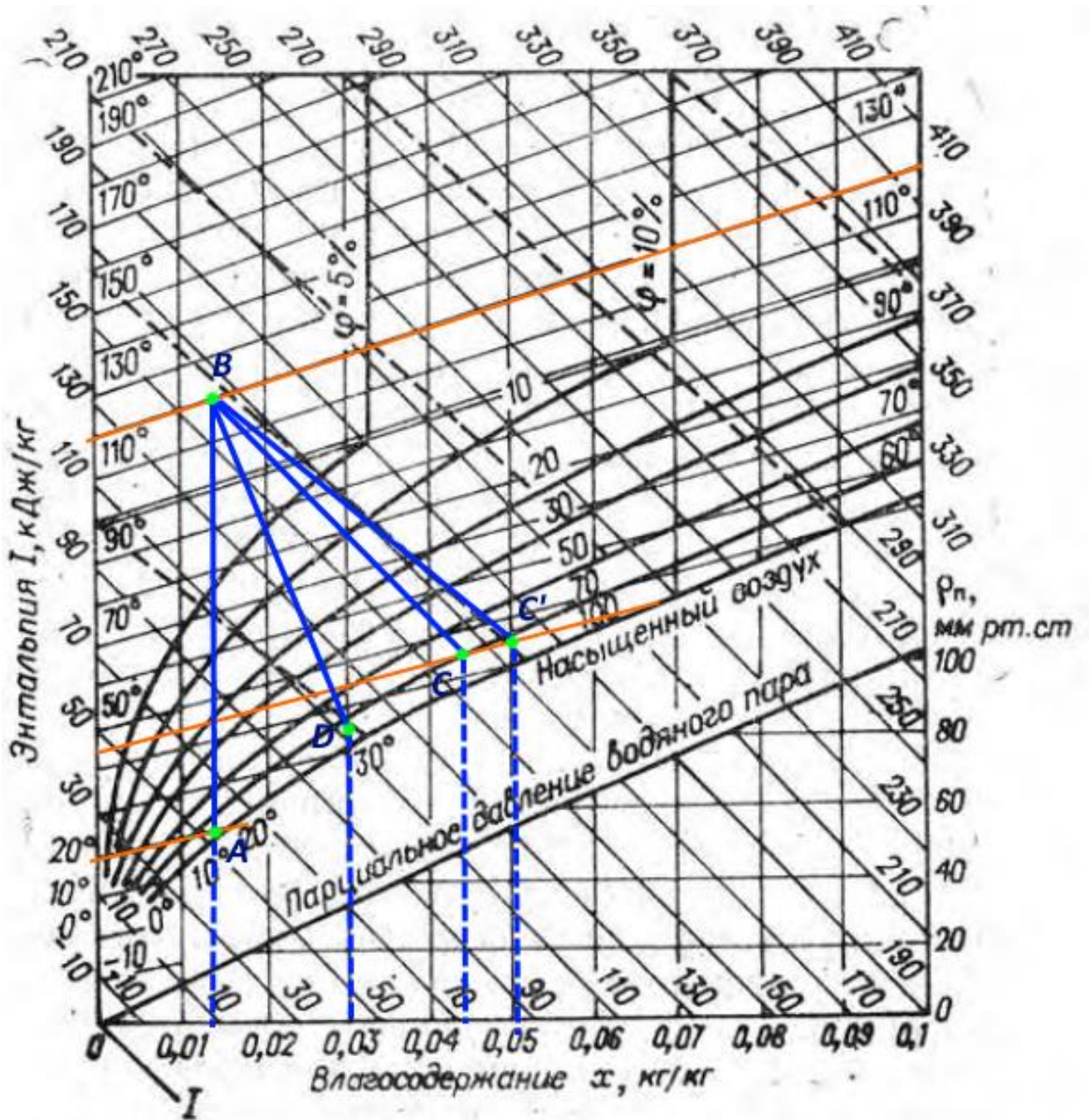
1. Азрилевич М. Я. Технологическое оборудование сахарных заводов – М.: Пищевая промышленность, 1972-312 с; Марценюк О.С., Мельник Л.М. Процеси і апарати харчових виробництв. Підручник .-К. НУХТ, 2011-407с.
2. Ведомственные нормы технологического проектирования свеклосахарных заводов: М., Минпищепром СССР, 1985- 205с.
3. Марценюк О.О., Мельник Л.М. Процеси і апарати харчових виробництв.- К., НУХТ, 2011.- 407 с.
4. Малежик І.Ф., Марценюк О.С., Мельник Л.М. Процеси і апарати харчових виробництв. Курсове проектування.- К., НУХТ, 2012-544с.
5. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию /Под редакцией докт. техн. наук, проф. Ю.И. Детнерского – М.: Химия, 1983 -272 с.
6. Павлов К.Ф., Романков П.Г., А.А.Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: Учебное пособие для вузов / Под ред. П.Г.Романкова. 9-е изд., перераб. и доп. — Л.: Химия, 1981. — 560 с.
7. Лазинский А.А., Толчинский А.Р.. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры: Справочник. — Л.: Машиностроение, 1970. — 752 с.,
8. Справочник по технологическому оборудованию сахарных заводов/В.Г. Белик, С.А. Зозуля, Б.Н. Жарик и др.– К.: Техника ,1982 – 304 с.
9. Фарамазов В.Н. Ремонт и монтаж химического и нефтеперерабатывающего оборудования: -М.: Химия, 1985.-246с.
10. Андрианов И. О. Ремонт и монтаж оборудования свеклосахарных заводов – М.: Пищевая промышленность, 1973 – 328 с.;
11. Основи охорони праці / М. П. Купчик, М. П. Гандзюк, І. Ф. Степанець та ін.. – К.: Основа, 2000. – 416 с.
12. Барабанные сушилки. Каталог. ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ, 1983 - 24 с.

					ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



					ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ	Арк.
						51
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ДОДАТОК А – ДІАГРАМА РАМЗІНА З ЗОБРАЖЕННЯМ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ



					ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

ДОДАТОК Б – ТАБЛИЦІ З ДОВІДКОВИМИ ДАНИМИ

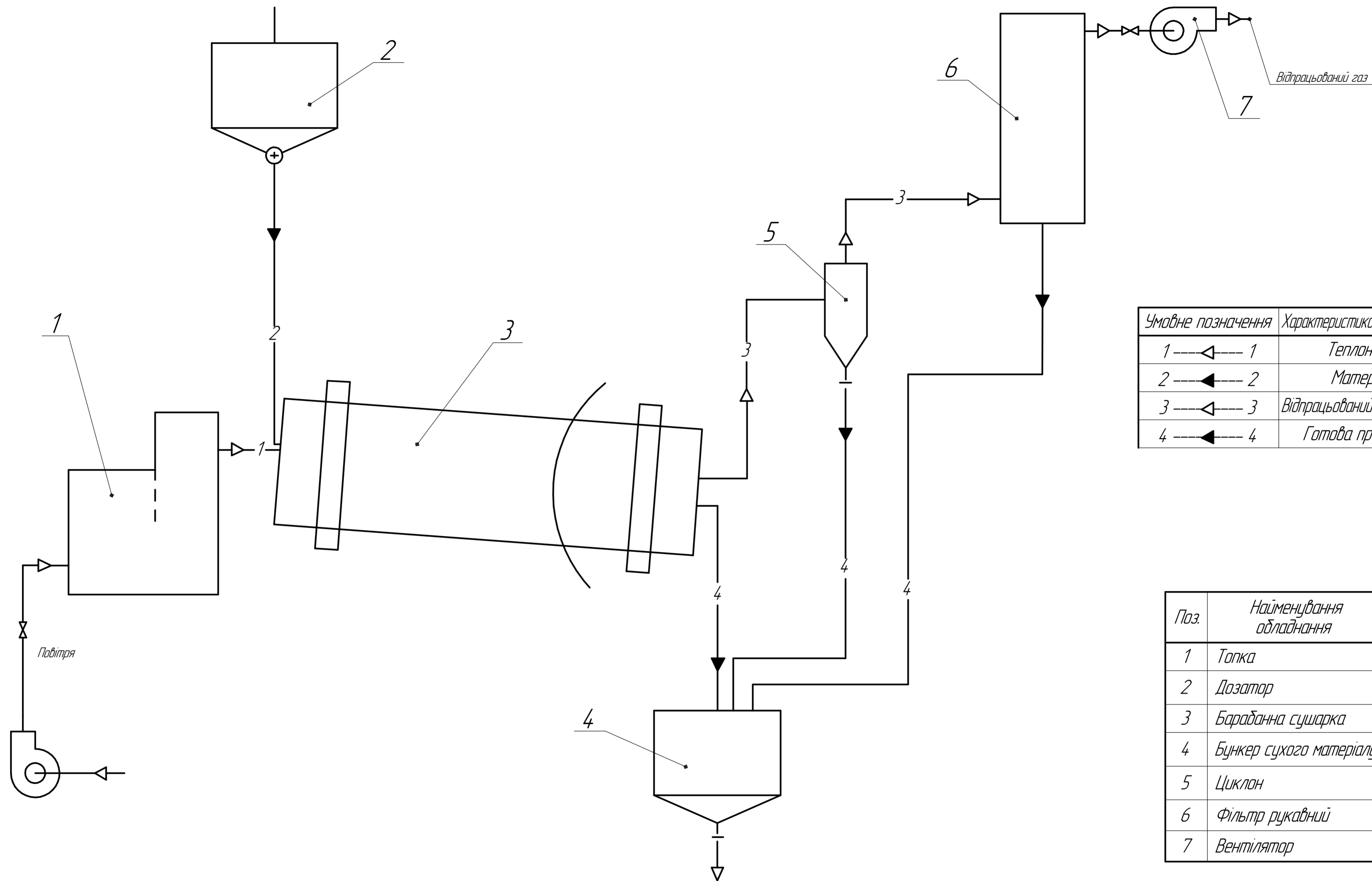
Таблиця 1 - Середня швидкість газів в барабанній сушарці

Розмір частинок, мм	Швидкість газів (м/с) при насипній щільності матеріалу, кг/м ³				
	350	1000	1400	1800	2200
0,3-2	0,5-1	2-5	3-7,5	4-8	5—10
Більше 2	1—3	3—5	4-8	6—10	7—12

Таблиця 2 - Основні параметри стандартних сушильних барабанів.

Позначення	Зовнішній діаметр і довжина барабана, мм		Частота обертання барабана, хв ⁻¹	Потужність електродвигуна, кВт
	D	L		
СБ 1-4 СБ 4-6	1000	4 000 6 000	4,06; 5,06; 8,12	3,8; 4,8; 6
СБ 1,2-6 СБ 1,2-8 СБ 1,2-10	1200	6 000 8 000 10 000		4,8; 5,7; 7,5
СБ 1,6-8 СБ 1,6-10 СБ 1,6-12	1600	8 000 10 000 12 000		13,2; 16,4; 18,4
СБ 2-8 СБ 2-10 СБ 2-12	2000	8 000 10 000 12 000	3,2; 4,3; 6,4	17,9; 19,9; 25
СБ 2,2-10 СБ 2,2-12 СБ 2,2-14 СБ 2,2-16	2200	10 000 12 000 14 000 16 000		24; 26; 31,5
СБ 2,5-20 СБ 2,8-20	2500 2800	20 000		24; 37,5; 55; 75 32; 50; 72; 100
СБ 3-18 СБ 3-20	3000	18 000 20 000	2; 3; 4; 6	40; 62,5; 90; 125
СБ 3,2-22	3200	22 000		50; 80; 110; 160
СБ 3,5-18 СБ 3,5-27	3500	18 000 27 000		66; 100; 140; 200

Примітка. С - сушарка; Б - барабанна; перше число в позначенні - зовнішній діаметр барабана, м; друге число - довжина барабана, м



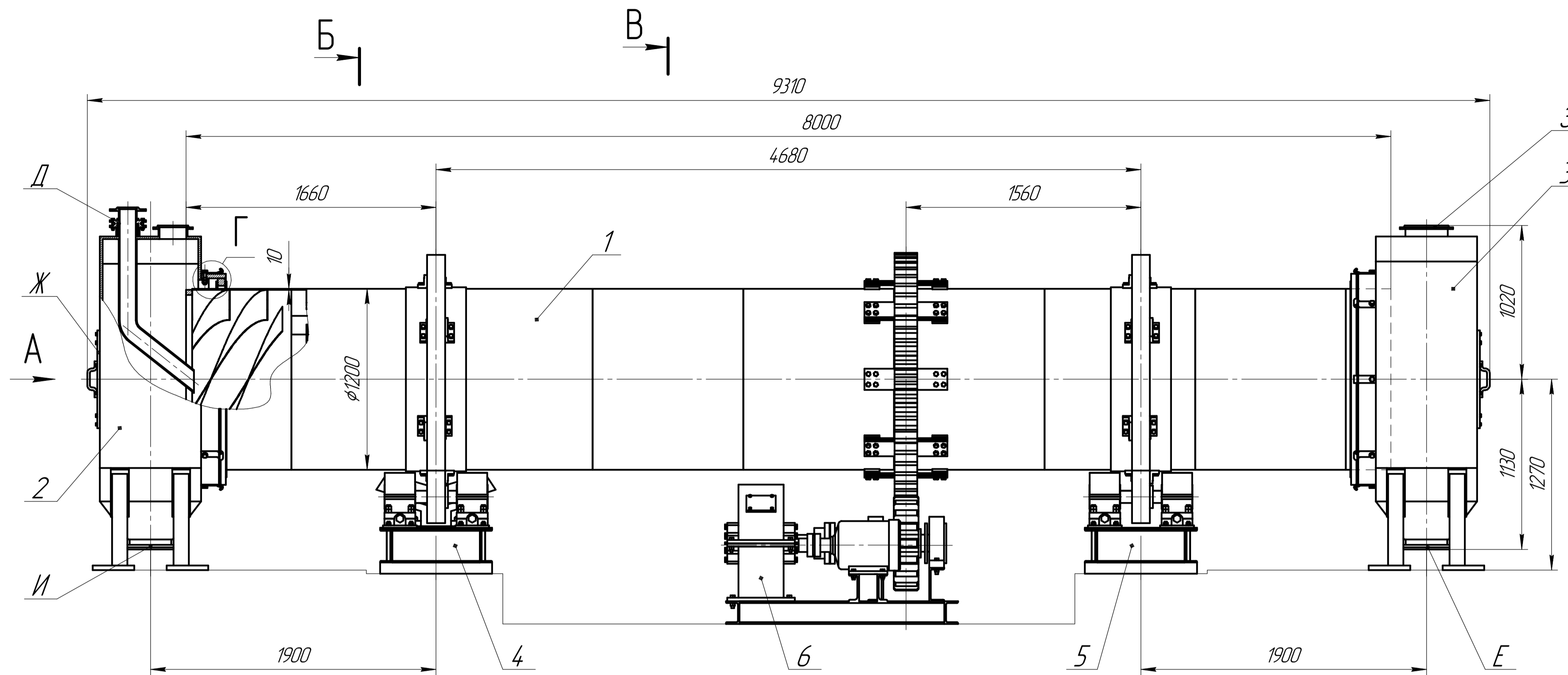
Умовне позначення	Характеристика середовища
1 ← 1	Теплоносії
2 ← 2	Матеріал
3 ← 3	Відпрацьований теплоносії
4 ← 4	Готова продукція

Поз.	Найменування обладнання	Кільк.
1	Топка	1
2	Дозатор	1
3	Барабанна сушарка	1
4	Бункер сухого матеріалу	1
5	Циклон	1
6	Фільтр рукавний	1
7	Вентілятор	3

Перв. примен.
Спроб. №
Підп. і дата
Інв. № дідл.
Взам. инв. №
Підп. і дата
Інв. № подл.

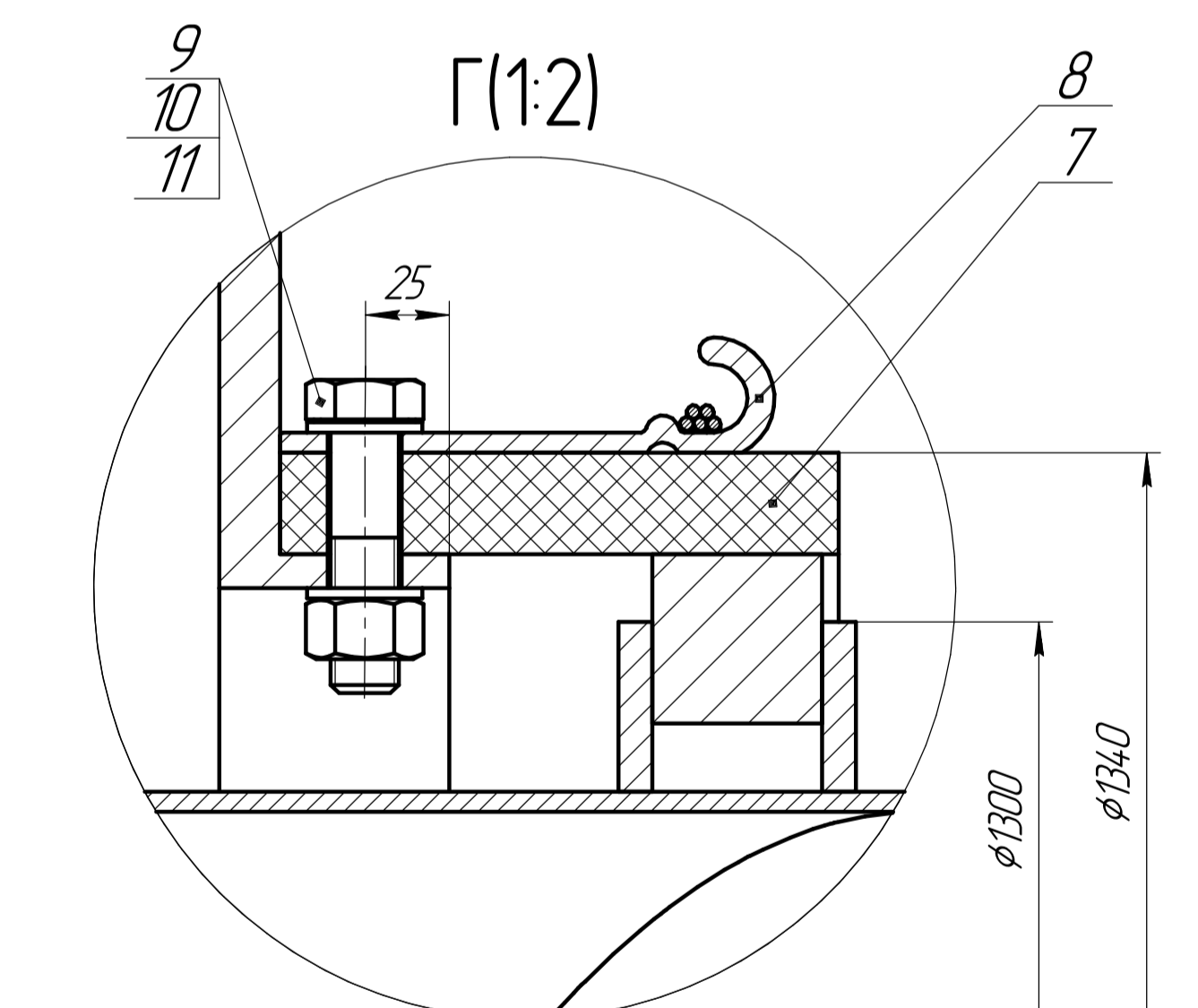
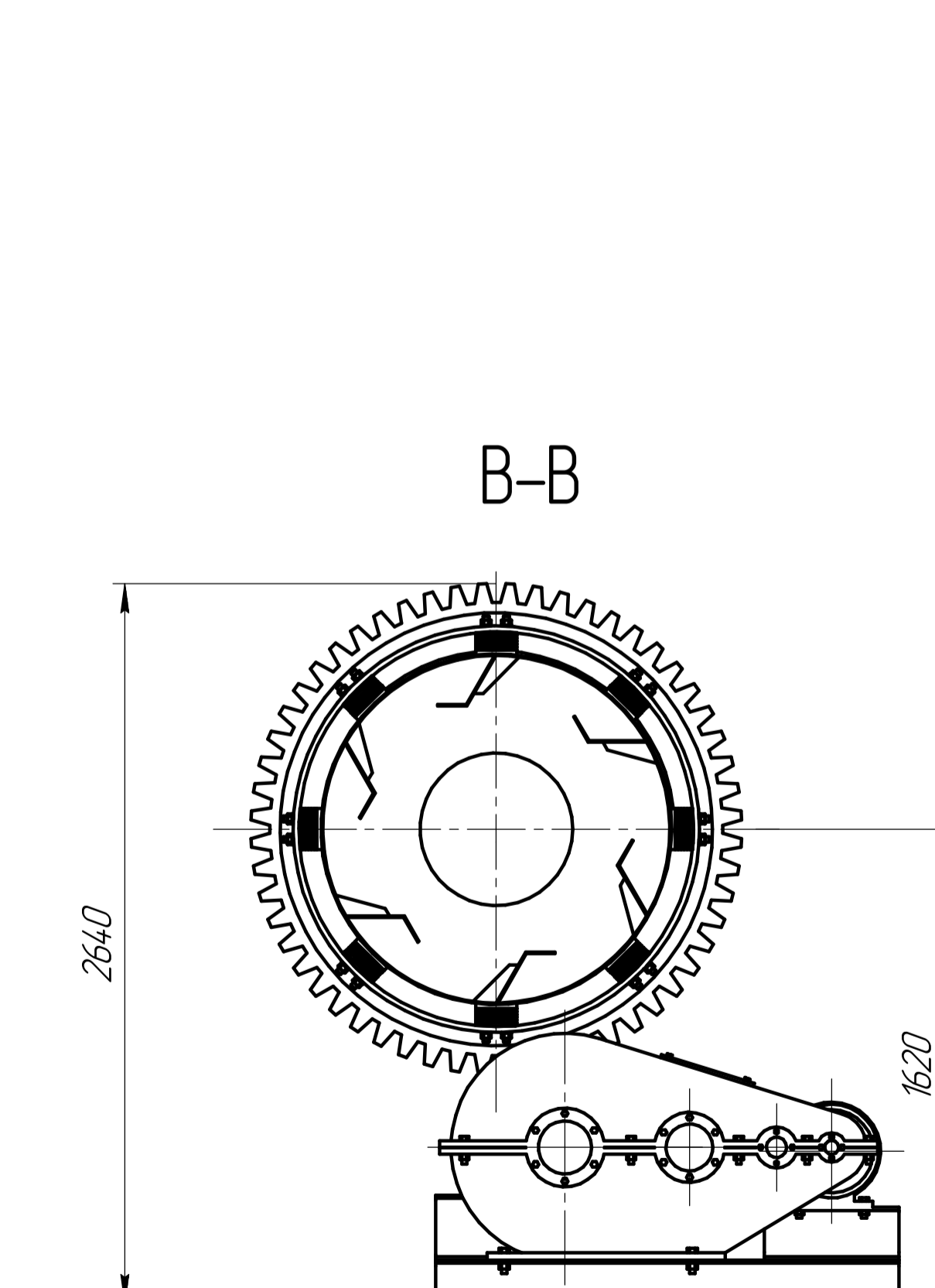
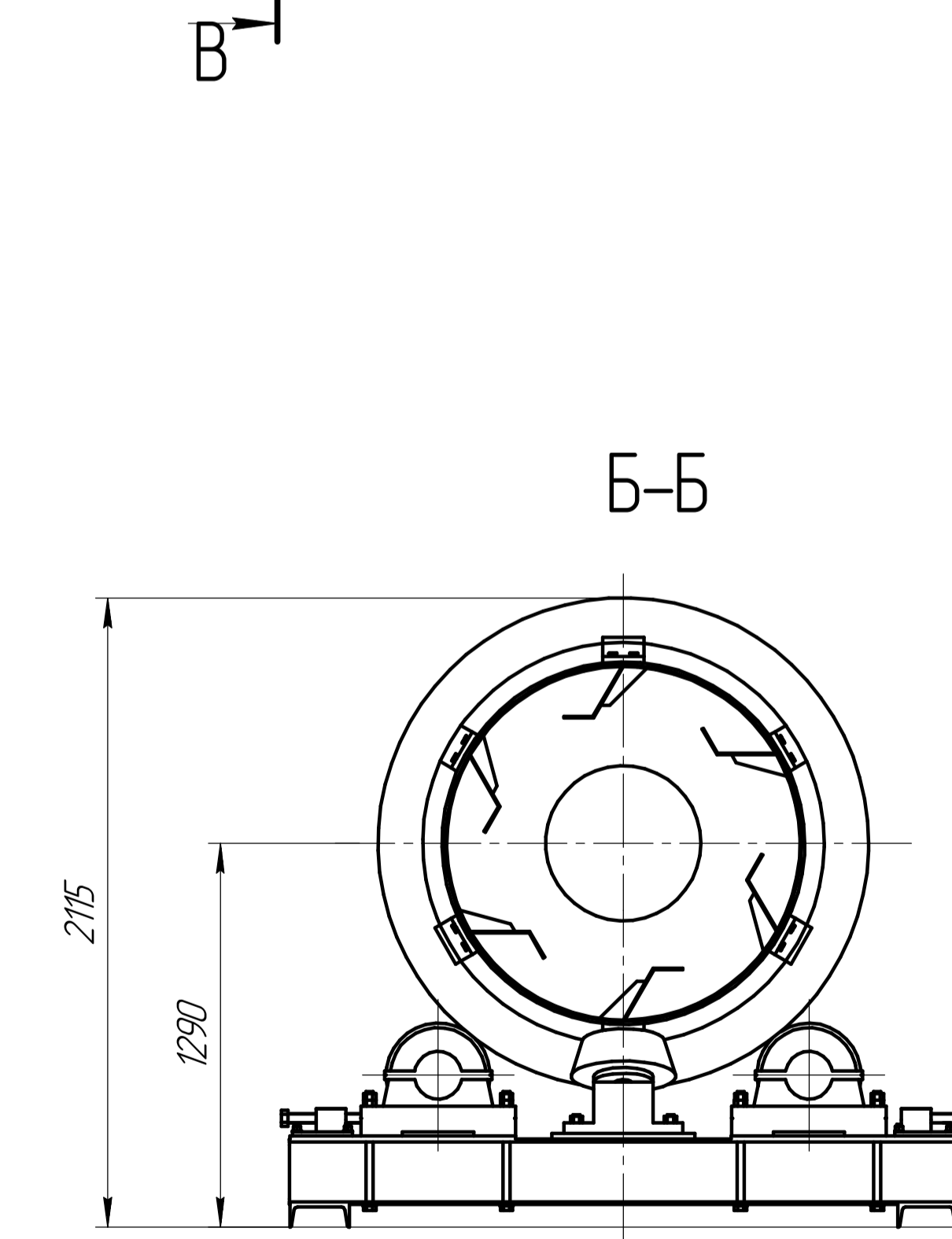
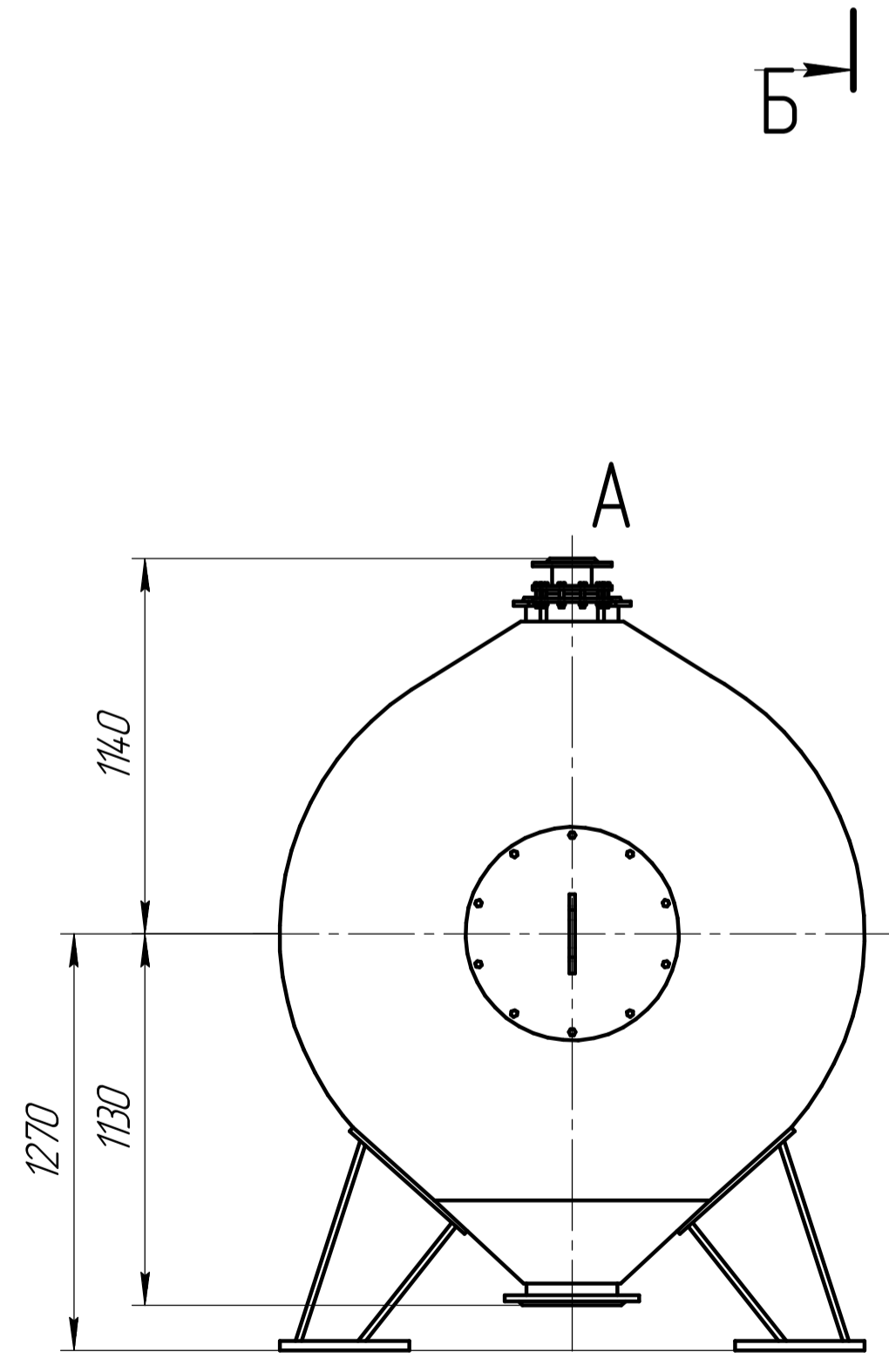
				ПОХНВ.С.00.00.00 СЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Технологическая схема процесу сушіння	Лист	Масштаб
Разраб.	Самко О.В.					Листов	1
Проб.	Закусило Р.В.						
Т.контр.							
Реценз.							
Н.контр.							
Утв.							
ШІ Сум ДУ гр. ХМ-71ш-8						Формат А2	

Поз.	Призначення	Ду, мм	Кіл.	Прим.
Д	Вхід продукта	100	1	
Е	Вихід продукта	250	1	
Ж	Вхід теплоносія	600	2	
З	Вихід теплоносія	250	2	
И	Вибантаження залишків продукта	250	1	



- Технічна характеристика**
1. Барабанна сушарка для неперервного сушіння.
 2. Продуктивність по вологому матеріалу 1600 кг/год
 3. Частота обертання барабану 8,1 об/хв
 4. Електродвигун тип А02-82-4 потужність 14,7 кВт
 5. Редуктор ЦДН-630

- Технічні вимоги**
1. При виготовленні, випробуванні та поставці апарата повинні виконуватись вимоги по ГОСТ 1220033-94 «Фабричне заводське випробування». Загальні вимоги безпеки «ОСТ 26-291-94».
 2. Зварні з'єднання повинні відповідати вимогам ОН 26-01-76-93 «Зварювання металів у хімічному машинобудуванні».



Лист № 1
Лист № 2
Лист № 3
Лист № 4
Лист № 5
Лист № 6
Лист № 7
Лист № 8
Лист № 9
Лист № 10
Лист № 11
Лист № 12
Лист № 13
Лист № 14
Лист № 15
Лист № 16
Лист № 17
Лист № 18
Лист № 19
Лист № 20
Лист № 21
Лист № 22
Лист № 23
Лист № 24
Лист № 25
Лист № 26
Лист № 27
Лист № 28
Лист № 29
Лист № 30
Лист № 31
Лист № 32
Лист № 33
Лист № 34
Лист № 35
Лист № 36
Лист № 37
Лист № 38
Лист № 39
Лист № 40
Лист № 41
Лист № 42
Лист № 43
Лист № 44
Лист № 45
Лист № 46
Лист № 47
Лист № 48
Лист № 49
Лист № 50
Лист № 51
Лист № 52
Лист № 53
Лист № 54
Лист № 55
Лист № 56
Лист № 57
Лист № 58
Лист № 59
Лист № 60
Лист № 61
Лист № 62
Лист № 63
Лист № 64
Лист № 65
Лист № 66
Лист № 67
Лист № 68
Лист № 69
Лист № 70
Лист № 71
Лист № 72
Лист № 73
Лист № 74
Лист № 75
Лист № 76
Лист № 77
Лист № 78
Лист № 79
Лист № 80
Лист № 81
Лист № 82
Лист № 83
Лист № 84
Лист № 85
Лист № 86
Лист № 87
Лист № 88
Лист № 89
Лист № 90
Лист № 91
Лист № 92
Лист № 93
Лист № 94
Лист № 95
Лист № 96
Лист № 97
Лист № 98
Лист № 99
Лист № 100

ПОХНВ.С.00.00.00 СБ				Барabanна сушарка		
Взм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.	Сложко О.В.				14,210	1:20
Проб.	Закусило Р.В.			Лист	Листов	1
Т.контр.				ШІ Сум ДУ		
Н.контр.				гр. ХМ-71ш-8		
Утв.				Формат А1		