

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ШОСТКИНСЬКИЙ ІНСТИТУТ

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра: Хімічної технології високомолекулярних сполук

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВР
зі спеціальності 6.133: Галузеве машинобудування

Тема проекту: Виробництво сульфату амонію. Барабанну сушарку сульфату амонію потужністю по вологому матеріалу 16000 кг/годину.

Виконав студент

Коломеєць О.І.

Залікова книжка:

№ _____

Захищений з оцінкою:

Керівник проекту

Закусило Р.В.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ШОСТКИНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
СУМСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
 зі спеціальності 6.133: Галузеве машинобудування

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. Кафедрою

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВР

Студенту: Коломеєць О.І.

група ХМЗт-71ш курс IV

1. **Тема курсової роботи:** «Виробництво сульфату амонію. Барабанну сушарку сульфату амонію потужністю по вологому матеріалу 16000 кг/годину»

2. **Вихідні дані:** Продуктивність 16000 кг/годину. Початкова вологість матеріалу $W_H=4,8\%$, кінцева $W_K=0,3\%$. Температура воздуха на вході в сушарку 160°C . Температура повітря на виході з сушарки 80°C , температура матеріалу на вході в сушарку 28°C , розмір частинок матеріалу 0,3 - 2,2 м, теплові втрати 10%.

3. Перелік обов'язкового графічного матеріалу (листи А1)

3.1 Складальний кресленик 2хА1;

3.2 Технологічна схема А1;

3.3 Складальні креслення 1,5хА1

4. Література та матеріали, які рекомендуються: Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств: Примеры и задачи: Учеб. пособие для студентов / М.Ф. Михайлев, Н.П. Третьяков, А.И. Мильченко, В.В. Зобнин; Под общ. ред. М.Ф. Михайлева. Л.: Машиностроение, Ленингр. отдние, 1984. - 301 с., ил.

5. Контрольні терміни виконання: травень

Етап і розділи комплексного курсового проекту	ТИ Ж Д Е Н Ь					
	1, 2	3, 4, 5,6	7, 8, 9	10, 11, 12, 13	14	15
1 Опис схеми, апарата	х х					
2 Технологічна частина		х х х х				
3 Розрахунки на міцність, герметичність та стійкість			х х х			
4 Розробка креслень				х х х х		
5 Оформлення записки					х	
6 Захист проекту						х

6. Дата видачі завдання Березень 2020 р

7. Термін захисту курсової роботи Червень 2020р.

Керівник комплексної курсової роботи Закусило Р.В.

Реферат

Пояснювальна записка: 57 с, 3 рисунки, 2 табл., 1 додаток, 15 літературних джерел.

Графічні матеріали: складальне креслення апарата, технологісна схема, креслення складальних одиниць листів 3,5 формату А1.

Тема Виробництво сульфату амонію. Барабанну сушарку сульфату амонію потужністю по вологому матеріалу 16000 кг/годину.

Описано технологічний процес сушіння, технологічні основи процесу, конструкція апарата – барабанної сушарки.

Проведені технологічні розрахунки, в яких були розраховані матеріальний та тепловий баланси, конструктивні розрахунки для визначення розмірів апарата. Проведений підбір допоміжного обладнання.

Зроблені розрахунки на міцність та герметичність для перевірки працездатності сушарки. Описано монтаж та ремонт апарата. Проведений аналіз охорони праці на виробництві.

Ключові слова: АПАРАТ, КОРПУС, СУШАРКА БАРАБАННА, СУЛЬФАТ АМОНІЮ.

Зміст

Вступ.....	5
1 Технологічна частина	8
1.1 Опис технологічної схеми виробництва	8
1.2 Технологічні основи процесу	9
1.3 Опис конструкції апарата	14
2 Технологічні розрахунки процесу і апарату.....	17
2.1 Матеріальний баланс процесу.....	17
2.3 Конструктивні розрахунки	18
2.2 Тепловий баланс процесу	20
2.4 Гідравлічний опір апарата	27
2.5 Вибір допоміжного обладнання.....	29
3 Розрахунок апарата на міцність та герметичність	36
3.1 Вибір конструкторських матеріалів	36
3.2 Розрахунок товщини стінки барабана	36
3.3 Визначення товщини опорного бандажу сушарки	40
3.4 Розрахунок упорного ролика.....	43
4 Монтаж та ремонт апарата	45
4.1 Монтаж апарата	45
4.2 Ремонт апарата	47
5 Охорона праці	49
5.1 Аналіз потенційних небезпек які виникають під час експлуатації обладнання	49
5.2 Характеристика застосованих компонентів	50
5.3 Питання екології та раціонального використання сировини.....	51
5.4 Електробезпека	51
5.5 Шум та вібрація, засоби захисту від них	52
5.6 Вентиляція.....	52
5.7 Розрахунок захисного огороження від теплового ураження	52
Висновки	55
Література	56
Додатки.....	57

						<i>6.133.21.05.00.00.00 ПЗ</i>		
Изм.	Лист	№ докум	Підпись	Дата				
Разраб.	Коломець				<i>Виробництво сульфату амонію</i> <i>Пояснювальна записка</i>	Лит.	Лист	Листов
Провер.	Закусило						4	57
Н. Контр.						<i>ШІ Сум ДУ</i>		
Утверд.								

Вступ

Сушка-це процес видалення з матеріалів вологи, що забезпечується її випаровуванням і відведенням пари, що утворилася. Сушка матеріалів і виробів проводиться в залежності від їх призначення або подальшої обробки. Для ряду матеріалів в результаті сушіння збільшується міцність, довговічність, полегшується обробка, поліпшуються теплоізоляційні властивості і інші.

Розрізняють сушку природну (на відкритому повітрі) і штучну (в сушарках). При природній сушці матеріал можна висушити тільки до вологості, близької до рівноважної. Перевага штучної сушки полягає в її малої тривалості і можливості регулювання кінцевої вологості матеріалу. Апарати, в яких здійснюють сушку, називають сушарками. За способом повідомлення тепла розрізняють конвективні, контактні, терморадіаційні, сублимаційні і високочастотні сушарки. Дисперсні матеріали, до яких відносяться зернисті, порошкоподібні, гранульовані, подрібнені тверді, а також дисперговані рідкі і пастоподібні продукти, в хімічній технології висушують, головним чином, конвективним способом.

У конвективних сушарках тепло процесу несе газоподібний сушильний агент (нагріте повітря, топкові гази або суміш їх з повітрям), безпосередньо дотичний з поверхнею матеріалу. Пари вологи несуться тим же сушильним агентом. У сушарках багатьох типів зі зваженим шаром висушується сушильний агент служить не тільки тепло- і вологопереносчиком, але і транспортує середовищем для дисперсного матеріалу.

Якщо зіткнення висушуваного матеріалу з киснем повітря неприпустимо або якщо пари вологи, що видаляється вибухо- або вогнебезпечні, сушильним агентом служать інертні до висушують матеріалу гази: азот, діоксид вуглецю, гелій та інші інертні гази або перегріта водяна пара.

Швидкість процесу сушіння вологого матеріалу нагрітим повітрям залежить від інтенсивності зовнішнього і внутрішнього тепло- і масообміну, тому що від цих процесів залежить кількість вологи, підведеної до поверхні випаровування.

У найпростішому вигляді процес сушіння здійснюється таким чином, що сушильний агент, нагрітий до гранично допустимої для сушильної температури, використовується в сушильному апараті одноразово. Цей процес називається основним. Зниження температури термолабільних матеріалів забезпечується створенням додаткової поверхні нагрівання всередині сушильної камери або нагріванням повітря по ходу процесу за рахунок тепла,

					6.133.21.05.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

повністю вноситься в сушильну камеру. У процесі сушіння у вологому матеріалі відбувається перенос вологи, як у вигляді рідини, так і у вигляді пари.

Вивчення закономірностей переносу вологи і теплоти може йти двома шляхами:

- на основі молекулярно-кінетичного методу, тобто вивчення мікроскопічної картини процесу і осмислення фізичної сутності окремих складових складного явища;

- на основі понять термодинаміки процесу. Вивчає макроскопічні властивості тіл і системи тіла і процеси їх взаємодії, не цікавлячись поведінкою окремих молекул.

Перенесення газоподібної речовини може відбуватися молекулярним шляхом за рахунок хаотичного переміщення окремих молекул (дифузія) або за рахунок спрямованого переміщення молекул, коли кожна з них рухається незалежно один від одного (ефузія), і молярним шляхом, коли переміщуються групи, скупчення молекул під дією різниці тисків в різних точках тіла.

Для сушки матеріалів, що вимагають підвищеної вологості сушильного агента і невисоких температур, застосовують пристрої, що забезпечують рециркуляцію (повернення) частини відпрацьованого повітря в сушарку, а також сушарки з проміжним підігрівом повітря між окремими ступенями (або зонами) і одночасної рециркуляцією його. При сушінні важкосохнучого матеріалу або для поліпшення його сипучості застосовують рециркуляцію частини висушеного продукту, тобто повернення його на вхід сушарки і змішування з вихідним матеріалом.

Коли видаляється з матеріалу рідина, яка є цінним продуктом (спирти, ефіри, вуглеводні та інші розчинники), а також при сушінні вогне- та вибухонебезпечних матеріалів застосовують схеми з повністю замкнутим циклом інертних газів, що включають додатково пристрої для конденсації і видалення з системи випаровується вологи і одночасного здійснення циркулюючих в системі газів.

Перераховані схеми є варіантами основного процесу і знаходять широке застосування в багатьох виробництвах хімічної промисловості.

Механізм конвективного сушіння можна представити таким чином. При введенні вологого тіла в нагрітий газ відбувається перенесення тепла до поверхні матеріалу, обумовлений різницею температур між ними, нагрів його і випаровування вологи. При цьому підвищується парціальний тиск поблизу поверхні тіла, що і призводить до переносу парів вологи в навколишнє середовище. В результаті випаровування вологи з поверхні і відведення пари,

що утворилася виникає градієнт концентрації вологи в матеріалі, який є рушійною силою внутрішнього переміщення її з глибинних шарів до поверхні випаровування. При переміщенні відбувається порушення зв'язку вологи з речовиною твердого тіла, що вимагає додаткових витрат енергії понад ту, яка необхідна для пароутворення. Тому швидкість процесу залежить від характеру або форми зв'язку вологи з сухою речовиною матеріалу.

					6.133.21.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 Технологічна частина

1.1 Опис технологічної схеми виробництва

Принципова технологічна схема прямоточної барабанної сушильної установки з підігрівом топочними газами виглядає наступним чином.

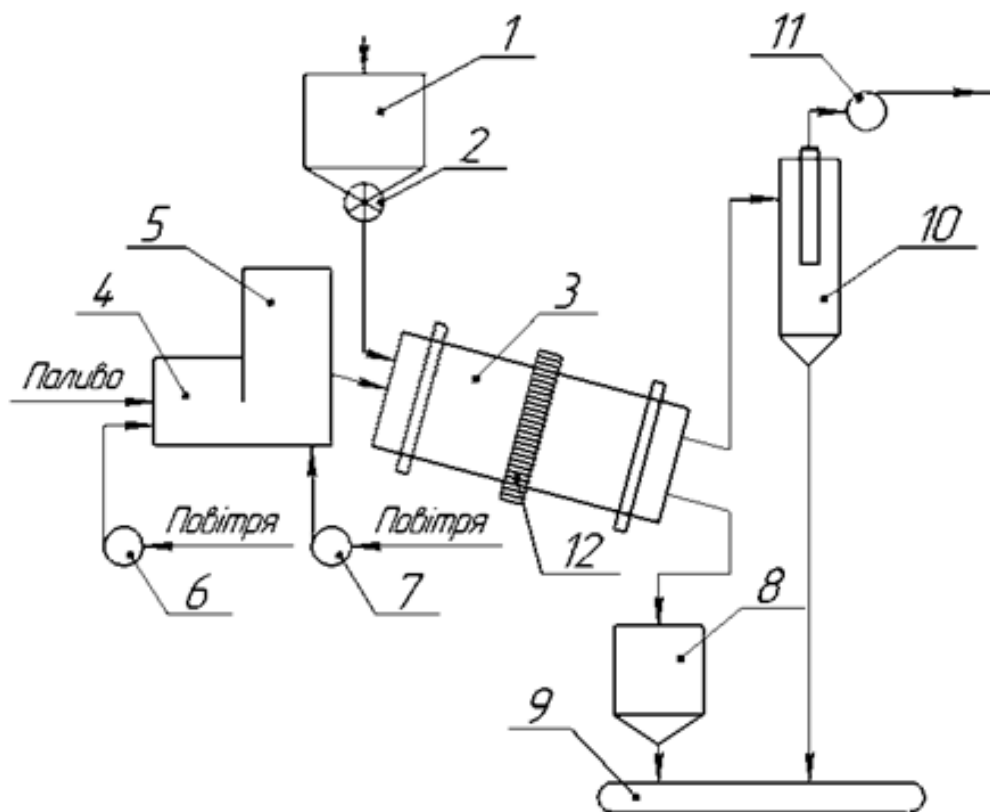


Рис. 1 – Технологічна схема сушки

1 – бункер, 2 – завантажувальний живильник, 3 – барабана сушарка, 4 – топка, 5 – змішувача камера, 6,7,11 – вентилятор, 8 – проміжний бункер, 9 – транспортер, 10 - циклон, 12 - привід.

Вологий матеріал з бункера за допомогою живильника подається в обертювий сушильний барабан. Паралельно матеріалу в сушарку подається сушильний агент, що утворюється від згоряння палива в топці і змішування топкових газів з повітрям в змішувальній камері. Повітря в топку і змішувальну камеру подається вентилятором. Висушений матеріал з протилежного кінця сушильного барабана надходить в проміжний бункер, а з нього на транспортує пристрій.

Відпрацьований сушильний агент перед викидом в атмосферу очищається від пилу в циклоні. При необхідності проводиться додаткове мокре

пиловловлювання.

Транспортування сушильного агента через сушильну установку здійснюється за допомогою вентилятора. При цьому установка зазвичай знаходиться під невеликим розрідженням, що виключає витік сушильного агента через нещільності установки.

Барабан приводиться в обертання через венцове зубчасте колесо за допомогою зубчастої передачі проводу.

Слід зазначити, що при сушінні деяких матеріалів до низької кінцевої вологості тепло витрачається не тільки на підігрів матеріалу і випаровування вологи з нього, а й на подолання зв'язку вологи з матеріалом.

У більшості випадків при сушінні видаляється водяна пара, проте в хімічній промисловості припадає нерідко видаляти пари органічних розчинників. Незалежно від того, яка рідина буде випаровуватися, закономірності процесу ті ж.

1.2 Технологічні основи процесу

Процес сушіння

Сушка (висушування) - це термічний процес примусового видалення рідини з твердих, рідких речовин або їх сумішей з допомогою випаровування. Найчастіше в якості видаляється рідини виступають волога або летючі органічні розчинники.

У найзагальнішому випадку процес сушіння відбувається наступним чином: нагрітий газовий потік, віддаючи тепло оброблюваного матеріалу, вбирає в себе випаровується їм рідина, видаляючи її із загальної маси речовини. Часто сушка є останнім етапом в процесі виробництва, що безпосередньо передує продажу або упаковці продукції.

Основні параметри вологого газу

При конвективного сушіння сушильний агент передає матеріалу тепло і забирає вологу, що випаровується з матеріалу за рахунок цього тепла. Таким чином, сушильний агент грає роль тепло- і вологоносієм. За інших методах сушіння знаходиться в контакті з матеріалом вологий газ (зазвичай повітря) використовується лише для видалення вологи, що випарувалася, тобто виконує роль вологоносія.

					6.133.21.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Вологий газ є сумішшю сухого газу та водяної пари. Надалі під вологим газом буде матися на увазі тільки вологе повітря, враховуючи, що фізичні властивості топкових газів і вологого повітря відрізняються лише кількісно. Вологе повітря як волого і теплоносій характеризується наступними основними параметрами: абсолютної і відносної вологістю, вологовмісткістю і ентальпею тепловмісткістю).

Абсолютна вологість визначається кількістю водяної пари в кг, що міститься в 1 м³ вологого повітря. З достатньою для технічних розрахунків точністю можна вважати, що вологе повітря підпорядковується законам ідеальних газів. Тоді водяна пара як компонент газової суміші (вологого повітря), перебуваючи під парціальним тиском Р_п, повинен займати весь обсяг суміші (1 м³). Тому абсолютна вологість дорівнює масі 1 м³ пара, або щільності водяної пари ρ_п (в кг / м³) при температурі повітря і парціальному тиску Р_п.

Відносною вологістю, або ступенем насичення повітря φ, називається відношення маси водяної пари в 1 м³ вологого повітря ρ_п за даних умов, температурі і загальному барометричному тиску до максимально можливої масі водяної пари в 1 м³ повітря ρ_н (щільності насиченої пари) при тих же умовах [1, стр. 584]:

$$\varphi = \frac{\rho_p}{\rho_n} \quad (1.1)$$

Виведена формула для розрахунку відносної вологості має вигляд:

$$\varphi = \frac{P_p}{P_n} \quad (1.2)$$

де Р_п – парціальний тиск; Р_н - тиск насиченої водяної пари при даній температурі і загальному барометричному тиску.

Відносна вологість φ є однією з найважливіших характеристик повітря як сушильного агента, що визначає його вологоємність, тобто здатність повітря до насичення парами вологи.

Маса водяної пари (в кг), що міститься у вологому повітрі і що припадає на 1 кг абсолютно сухого повітря, називається змістом вологи повітря [1, стр. 585]:

$$x = \frac{m_p}{m_{c.v.}} = \frac{\rho_p}{\rho_{c.v.}} \quad (1.3)$$

де m_п та m_{с.в.} – маса водяної пари і маса абсолютно сухого повітря в даному обсязі вологого повітря; ρ_{с.в.} – щільність абсолютно сухого повітря.

Виведена формула для розрахунку вмісту вологи має вигляд [1, стр. 585]:

$$x = \frac{18}{29} \cdot \frac{\varphi \cdot P_n}{P - \varphi \cdot P_n} = 0,622 \cdot \frac{\varphi \cdot P_n}{P - \varphi \cdot P_n} \quad (1.4)$$

					6.133.21.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Ентальпія I вологого повітря відноситься до 1 кг абсолютно сухого повітря і визначається при даній температурі повітря t (в °С) як сума ентальпій абсолютно сухого повітря $c_{с.в.}t$ і водяної пари $x i_p$ (Дж / кг сухого повітря) [1, стр. 585]:

$$I = c_{с.в.}t + x i_p \quad (1.5)$$

де $c_{с.в.}$ – середня питома теплоємність абсолютно сухого повітря, яка може бути прийнята приблизно рівній 1000 Дж/(кг·град) [0,24 ккал/кг·град]; i_p – ентальпія водяної пари. I -х діаграма вологого повітря наведена в додатку А.

Крім x , φ та I при розрахунках процесу сушіння необхідно знати щільність або зворотній їй величину - питомий об'єм вологого повітря. Щільність вологого повітря $\rho_{вл.в.}$ дорівнює сумі густин абсолютно сухого повітря $\rho_{с.в.}$ і водяної пари ρ_p .

Рівновага при сушінні

Якщо матеріал знаходиться в контактi з вологим повітрям, то принципово можливі два процеси: 1) сушка (десорбція вологи з матеріалу) при парціальному тиску пари над поверхнею матеріалу P_m , що перевищує його парціальний тиск в повітрі або газі P_p , т. Е. При $P_m > P_p$; 2) зволоження (сорбція вологи матеріалом) при $P_m < P_p$.

У процесі сушіння тиск P_m зменшується і наближається до межі $P_m = P_p$. При цьому настає стан динамічної рівноваги, якому відповідає гранична вологість матеріалу, звана рівноважною вологістю w_p .

Рівноважна вологість залежить від парціального тиску водяної пари над матеріалом P_p або пропорційною йому величини відносної вологості повітря φ і визначається дослідним шляхом.

Залежність $w_p = f(\varphi)$ встановлюється при постійній температурі і, таким чином, є ізотермою. Крива 1 на рис. 2 отримана при випаровуванні (десорбції) вологи з матеріалу, та інше. При його сушінні, і називається ізотермою десорбції. Вищерозташованих крива 2, отримана при зворотному процесі - зволоження висушеного матеріалу, - називається ізотермою сорбції.

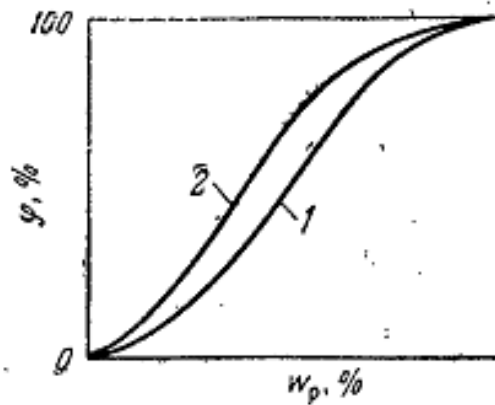


Рис. 2 – Залежність рівноважної вологості матеріалу від відносної вологості повітря: 1 - ізотерна десорбції; 2 - ізотерна сорбції.

Розбіжність кривих 1 і 2 (гістерезис) вказує на те, що для досягнення однієї і тієї ж рівноважної вологості величина φ повітря при зволоженні матеріалу повинна бути більше, ніж при сушінні останнього. Ймовірною причиною гістерезиса є потрапляння повітря в капіляри висушеного матеріалу і його сорбція стінками капілярів. В результаті цього при подальшому зволоженні матеріалу зменшується його змочуваність водою і для витіснення повітря з капілярів потрібна більша парціальний тиск водяної пари або велика величина φ (ізотерна сорбції 2 розташована вище ізотерми 1).

Швидкість сушіння

Швидкість сушіння визначається з метою розрахунку тривалості сушіння.

Швидкість і періоди сушки. Процес сушки протікає зі швидкістю, яка залежить від форми зв'язку вологи з матеріалом і механізму переміщення в ньому вологи. Кінетика сушіння характеризується зміною в часі середньої вологості матеріалу, віднесеної до кількості абсолютно сухого матеріалу w^c . Залежність між вологістю w^c матеріалу і часом τ зображується кривою сушки (рис. 3), яку будують за дослідними даними.

У загальному випадку крива сушіння складається з декількох ділянок, що відповідають різним періодам сушки. Як видно з малюнка, після дуже невеликого проміжку часу, періоду прогріву матеріалу, протягом якого вологість знижується незначно (по кривій АВ), настає період постійної швидкості сушіння (І період). При цьому вологість матеріалу інтенсивно зменшується за прямолінійним законом (пряма ВС).

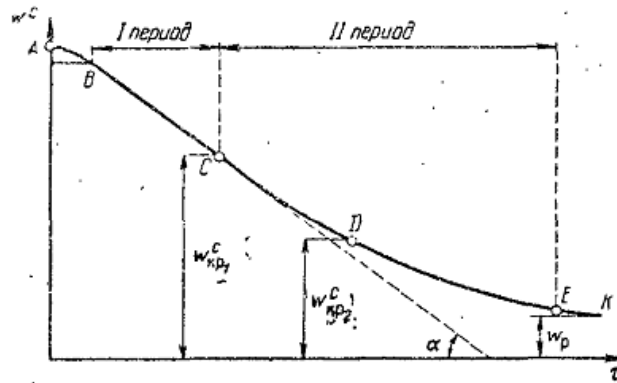


Рис. 3 – Крива сушіння матеріалу

Таке зменшення вологості спостерігається до досягнення першої критичної вологості $w_{кр1}^c$, після чого починається період падаючої швидкості сушки (II період). В цьому періоді зменшення вологості матеріалу виражається деякої кривою (крива PC), яка в загальному випадку складається з двох ділянок різної кривизни (відрізки CD та DE). Точка перегину D відповідає другий критичної вологості $w_{кр2}^c$. В кінці другого періоду сушіння вологість матеріалу асимптотично наближається до рівноважної. Досягнення рівноважної вологості w_p означає повне припинення подальшого випаровування вологи з матеріалу (точка K).

Швидкість сушіння визначається зменшенням вологості матеріалу dw^c за деякий нескінченно малий проміжок часу $d\tau$, тобто виражається відношенням [1, стр. 608]:

$$v = \frac{dw^c}{d\tau} \quad (1.14)$$

Вологість матеріалу w^c зазвичай виражається у відсотках%, хоча за змістом вона повинна виражатися в кг / кг (кг вологи на кг сухого матеріалу). Тому швидкість сушіння виражається в сек^{-1} або год^{-1} , в залежності від того, в яких одиницях вимірюється час сушіння.

1.3 Опис конструкції апарата

Барабанні сушарки. Ці сушарки широко застосовуються для безперервного сушіння при атмосферному тиску кускових, зернистих і сипучих матеріалів (мінеральних солей, фосфоритів, добрив і ін.).

Барабанна сушарка (рис. 3) має циліндричний барабан 1, встановлений з невеликим нахилом до горизонту (1/15 - 1/50) і спирається за допомогою бандажів 2 на ролики 3. Барабан приводиться в обертання електродвигуном через зубчасту передачу 4 і редуктор. Число оборотів барабана зазвичай не перевищує 5-8 хв⁻¹; становище його в осьовому напрямку фіксується упорними роликами 5. Матеріал подається в барабан живильником 6, попередньо підсушується, перемішуючись лопатями 7 приймально-гвинтовими насадки, а потім надходить на внутрішню насадку, розташовану вздовж майже всієї довжини барабана. Насадка забезпечує рівномірний розподіл і добре перемішування матеріалу по перетину барабана, а також його тісне зіткнення при пересипанні з сушильним агентом - топковим газами. Газу і матеріал особливо часто рухаються прямою дорогою, що допомагає уникнути перегріву матеріалу, так як в цьому випадку найбільш гарячі газу стикаються з матеріалом, що має найбільшу вологість. Щоб уникнути посиленого виносу пилу з газами останні просочуються через барабан 8 із середньою швидкістю, що не перевищує 2-3 м/сек. Перед викидом в атмосферу відпрацьовані газу очищаються від пилу в циклоні 9. На кінцях барабана часто встановлюють ущільнюючі пристрої (наприклад, лабіринтові), що утрудняють витік сушильного агента.

У розвантажувального кінця барабана є підпирні пристрої у вигляді суцільного кільця або кільця, утвореного кільцеподібними розташованими поворотними лопатками (у вигляді жалюзі). Призначення цього кільця - підтримувати певну ступінь заповнення барабана матеріалом; як правило, ступінь заповнення не перевищує 20%. Час перебування зазвичай регулюється швидкістю обертання барабана і рідше - зміною кута його нахилу. Висушений матеріал видаляється з камери 10 через розвантажувальний пристрій 11, за допомогою якого герметизується камера 10 і запобігає надходження в неї повітря ззовні. Підсосі повітря призвели б до марної збільшення продуктивності і енергії, споживаної вентилятором 8.

					6.133.21.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

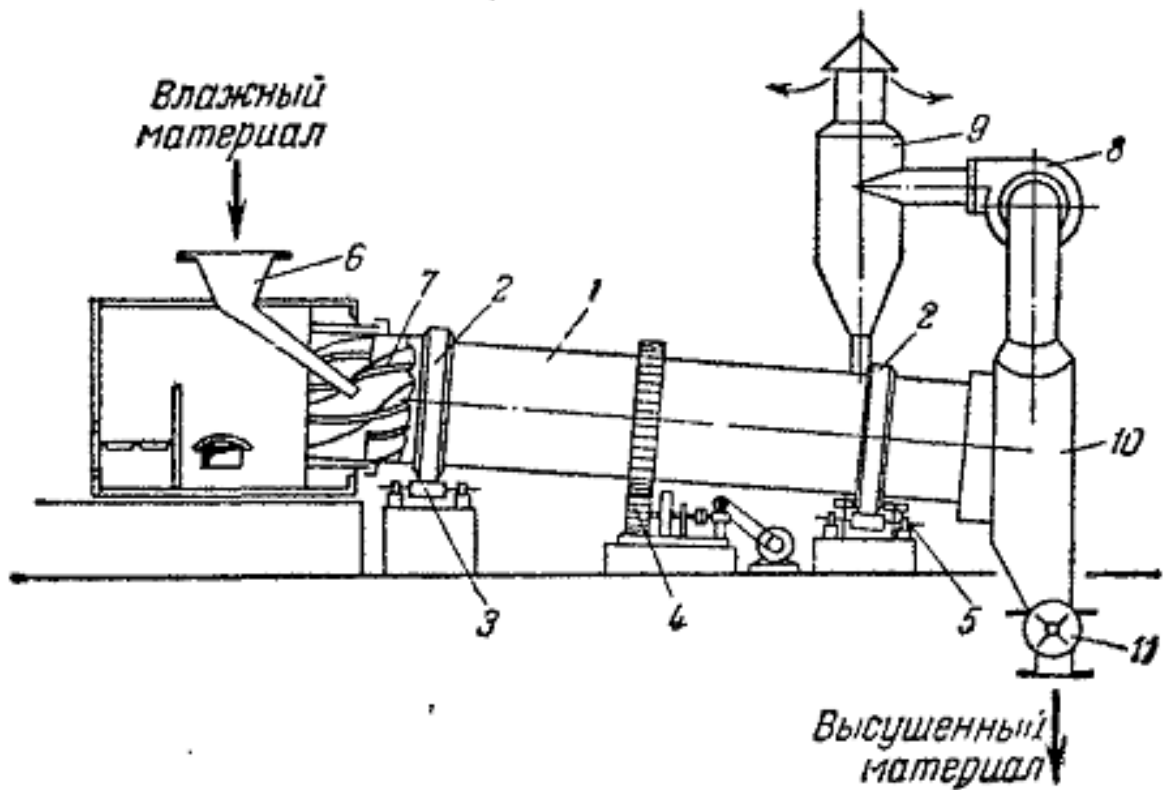


Рис. 4 – Барабанна сушарка:

1 - барабан; 2 - бандажі; 3 - опорні ролики; 4 - передача; 5 - опорно-упорні ролики; 6 - живильник; 7 - лопаті; 8 - вентилятор; 9 - циклон; 10 - розвантажувальна камера; 11 - розвантажувальний пристрій.

Пристрій внутрішньої насадки (рис. 5) барабана залежить від розміру шматків і властивостей матеріалу, що висушується.

Підйомно-лопатева насадка використовується для сушки крупнокускових і схильних до налипання матеріалів, а секторная насадка - для малосипкого і крупнокускових матеріалів з великою щільністю. Для дрібнокускових, сильно сипучих матеріалів широко застосовуються розподільні насадки. Сушка тонкоподрібненого, які пилять проводиться в барабанах, що мають перевалочну насадку з закритими осередками. Іноді використовують комбіновані насадки, наприклад, підйомно-лопатева (в передній частині апарату) і розподільну.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

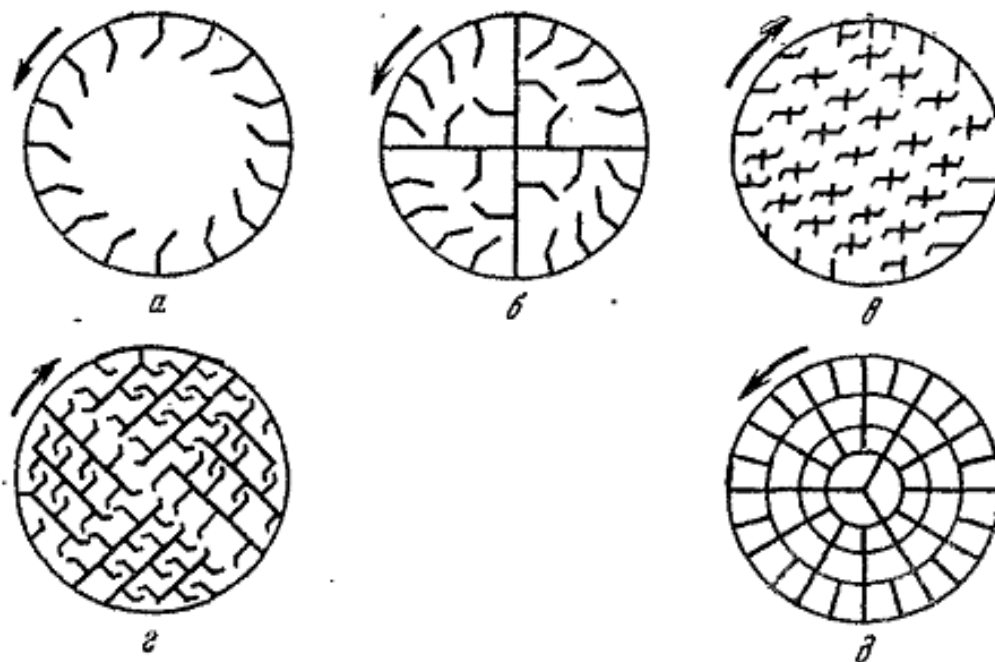


Рис. 5 – Типи насадок барабанних сушарок:

а - підйомно-лопатева; б - секторальна; в, г - розподільна; д - перевалочна.

Типи промислових барабанних сушарок різноманітні: сушарки, які працюють при противотоці сушильного агента і матеріалу, з використанням повітря як сушильного агента, контактні барабанні сушарки та ін.

Приймаємо підйомно-лопатову конструкцію перевалочних пристроїв, так як вона використовується для сушки крупнокускових і схильних до налипання матеріалів. [3]

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

2 Технологічні розрахунки процесу і апарату

2.1 Матеріальний баланс процесу

Кількість вологого матеріалу, що надходить в сушарку, так само G_0 , а його вологість U_0 масових відсотків. В результаті сушіння виходить G_k висушеного матеріалу (вологістю U_k масових відсотків) і W испареної вологи.

Тоді матеріальний баланс по всьому кількості речовини виразиться рівнянням

$$G_0 = G_k + W \quad (2.1)$$

Матеріальний баланс по абсолютно сухій речовині, кількість якого не змінюється в процесі сушіння

$$G_0 \cdot (100 - U_0) = G_k \cdot (100 - U_k) \quad (2.2)$$

Спільне рішення рівнянь матеріального балансу дозволяє отримати залежності для визначення кількості:

висушеного матеріалу

$$G_k = G_0 \cdot \frac{100 - U_0}{100 - U_k} \quad (2.3)$$

$$G_k = 16000 \cdot \frac{100 - 4,8}{100 - 0,3} = 15278 \text{ кг/год}$$

випарованої вологи

$$W = G_0 \cdot \frac{U_0 - U_k}{100 - U_k} \quad (2.4)$$

$$W = 16000 \cdot \frac{4,8 - 0,3}{100 - 0,3} = 406 \text{ кг/год}$$

Секундна продуктивність:

по вологому матеріалу

					6.133.21.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$G_0 = \frac{16000}{3600} = 4,4 \text{ кг/с};$$

по висушеному матеріалу

$$G_{\kappa} = \frac{15278}{3600} = 4,2 \text{ кг/с};$$

по випаруваній волозі

$$W = \frac{722}{3600} = 0,2 \text{ кг/с}.$$

2.3 Конструктивні розрахунки

Згідно з рекомендаціями (табл. 10.2) [3] приймаємо при насипній щільності $\rho = 1160 \text{ кг/м}^3$ (табл. 9) [5], Швидкість повітря в сушарці $\omega_r = 1,6 \text{ м/с}$. По табл. 9 [5] коефіцієнт заповнення барабана при лопатевої насадки: $\beta = 0,2$. Щільність повітряної суміші при середній температурі

$$t_{\text{cp}} = \frac{t_1 + t_2}{2} \quad (2.32)$$

$$t_{\text{cp}} = \frac{160 + 85}{2} = 123 \text{ }^\circ\text{C}$$

Має значення

$$\rho_{\text{в}} = \frac{M \cdot T_0}{22,4 \cdot (T_0 + t_{\text{cp}})} \quad (2.33)$$

$$\rho_{\text{в}} = \frac{29 \cdot 273}{22,4 \cdot (273 + 123)} = 0,89 \text{ кг/м}^3.$$

Попередньо визначаємо внутрішній діаметр сушильного барабана

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot L}{\pi \cdot \rho_{\text{в}} \cdot (1 - \beta) \cdot \omega_r}} \quad (2.34)$$

					6.133.21.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 6,7}{3,14 \cdot 0,89 \cdot (1 - 0,2) \cdot 1,6}} = 2,03 \text{ м,}$$

приймаємо $D = 2,0$ м.

Згідно табл. 9 [5] приймаємо напругу барабана сушарки по волозі $A_v = 19$ кг/м³·год, залежне від типу сушарки, виду матеріалу, що висушується і ін. чинників.

Обсяг сушильного барабана

$$V_6 = \frac{W}{A_v} \quad (2.35)$$

$$V_6 = \frac{722}{19} = 37,9 \text{ м}^3.$$

Попередня довжина барабана

$$L_6 = \frac{4 \cdot V_6}{\pi \cdot D^2} \quad (2.36)$$

$$L_6 = \frac{4 \cdot 37,9}{3,14 \cdot 2,0^2} = 12,1 \text{ м,}$$

приймаємо $L_6 = 12,0$ м.

Товщину футерування і обичайки барабана приймаємо: $\delta = 0,1$ м.

Зовнішній діаметр барабана

$$D_n = D + 2 \cdot \delta \quad (2.37)$$

$$D_n = 2,0 + 2 \cdot 0,1 = 2,2 \text{ м.}$$

За табл. 10.1 [3] приймаємо барабанну сушарку з наступними параметрами:

діаметр барабана $D_n = 2000$ мм;

довжина барабана $L = 12000$ мм;

Маса матеріалу в сушильній барабані

$$M = 0,785 \cdot D^2 \cdot L_6 \cdot \beta \cdot \rho \quad (2.38)$$

$$M = 0,785 \cdot 2,0^2 \cdot 12 \cdot 0,2 \cdot 1160 = 6557 \text{ кг.}$$

					6.133.21.05.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

Час перебування матеріалу, що висушується в сушарці

$$\tau = \frac{M}{G_k} \quad (2.39)$$

$$\tau = \frac{6557}{4,2} = 1561 \text{ с} = 26 \text{ хв} = 0,43 \text{ год.}$$

Число оборотів барабана стосовно до даних умов експлуатації

$$n = \frac{L}{a \cdot \tau \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot D} \quad (2.40)$$

За табл. 34 [1] значення коефіцієнта для сушарки діаметром $D = 2000$ мм і лопатевою насадкою: $a = 1,2$. Кут нахилу барабана приймаємо: $\alpha = 3^\circ$, тоді $\operatorname{tg} \alpha = 0,0524$. Отже

$$n = \frac{12000}{1,2 \cdot 45,7 \cdot 0,0524 \cdot 2000} = 0,88 \text{ об/хв.}$$

Потужність, що витрачається на обертання барабана

$$N = 0,078 \cdot D^3 \cdot L \cdot \rho \cdot \sigma \cdot n \quad (2.41)$$

$$N = 0,078 \cdot 2,0^3 \cdot 12 \cdot 6557 \cdot 0,053 \cdot 0,0147 = 24,0 \text{ кВт}$$

де $\sigma = 0,053$ – коефіцієнт, що залежить від виду насадки і ступеня заповнення барабана (табл. 35) [1]; $n = 0,0147$ об/с – частота обертання барабана.

З діапазону потужностей приводу барабана для обраної сушарки приймаємо $N = 27,4$ кВт, при цьому враховуємо ККД приводу і наявність пускових моментів.

2.2 Тепловий баланс процесу

Внаслідок незначної різниці ентальпій топкових газів і повітря (не більше 0,8%) [1] при розрахунку газових сушарок можна користуватися І - х діаграмою вологого повітря.

Прийmemo, що в якості палива використовується природний сухий газ (як найбільш екологічно чисте паливо) наступного складу (в об'ємних %): 92,0%

					6.133.21.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

CH₄; 0,5% C₂H₆; 5,0% H₂; 1,0% CO; 1,5% N₂.

Теоретична кількість сухого повітря L₀, що витрачається на спалювання 1 кг палива, так само (формула X.1) [4]:

$$L_0 = 138 \cdot (0,0179CO + 0,24H_2) + \sum \frac{m + \frac{n}{4}}{12 \cdot m + n} C_m H_n, \quad (2.5)$$

Склад топкових газів виражені в об'ємних частках. Підставляючи відповідні значення, отримаємо:

$$L_0 = 138 \cdot (0,0179 \cdot 0,01 + 0,248 \cdot 0,05 + \frac{1 + \frac{4}{4}}{12 \cdot 1 + 4} \cdot 0,92 + \frac{2 + \frac{6}{4}}{12 \cdot 2 + 6} \cdot 0,005) =$$

$$= 17,68 \text{ кг/кг.}$$

Для визначення теплоти згорання палива скористаємося характеристиками горіння простих газів (див. с. 163) [4]:

Табл. 2.1 характеристики палива

Газ	Реакція	Тепловий ефект реакції, кДж/м ³
Водень	H ₂ + 0,5O ₂ = H ₂ O	10810
Окис вуглецю	CO + 0,5O ₂ = CO ₂	12680
Метан	CH ₄ + 2O ₂ = CO ₂ + 2H ₂ O	35741
Етан	C ₂ H ₆ + 3,5O ₂ = 2CO ₂ + 3H ₂ O	63797

Кількість тепла Q_v, що виділяється при спалюванні 1 м³ газу, так само:

$$Q_v = 0,92 \cdot 35741 + 0,005 \cdot 63797 + 0,05 \cdot 10810 + 0,01 \cdot 12680 = 33868 \text{ кДж/м}^3.$$

Щільність газоподібного палива ρ_т

$$\rho_t = \frac{\sum C_m H_n \cdot M_i}{V_0} \cdot \frac{T_0}{T_0 + t_t}, \quad (2.6)$$

де M_i – мольна маса палива, кмоль/кг; t_т – температура палива, t_т = 18°C; V₀ – мольний об'єм, V₀ = 22,4 м³/кмоль. Тоді

$$\rho_T = \frac{(0,92 \cdot 16 + 0,005 \cdot 30 + 0,05 \cdot 2 + 0,01 \cdot 28 + 0,015 \cdot 28) \cdot 273}{22,4 \cdot (273 + 18)} = 0,652 \text{ кг/м}^3.$$

Кількість тепла, що виділяється при спалюванні 1 кг палива

$$Q = \frac{Q_v}{\rho_T} \quad (2.7)$$

$$Q = \frac{33868}{0,652} = 51945 \text{ кДж/кг.}$$

Маса сухого газу, що подається в сушильний барабан, в розрахунку на 1 кг палива, що спалюється визначається загальним коефіцієнтом надлишку повітря α , необхідного для спалювання палива та розведення топкових газів до температури суміші $t_1 = 160^\circ\text{C}$. Значення коефіцієнта α за формулою Х.6 [4]:

$$\alpha = \frac{Q \cdot \eta + c_T \cdot t_T + i_{c.g} \cdot (1 - \sum \frac{9 \cdot n}{12 \cdot m + n} C_m H_n) - i_n \cdot \sum \frac{9 \cdot n}{12 \cdot m + n} C_m H_n}{L_0 \cdot (i_{c.g} + i_n \cdot x_0 - I_0)}, \quad (2.8)$$

де η – ккд топки, $\eta = 0,95$; c_T – теплоємність газоподібного палива при температурі $t_T = 18^\circ\text{C}$, $c_T = 1,34 \text{ кДж/кг}\cdot\text{K}$; I_0 – ентальпія свіжого повітря, кДж/кг ; $i_{c.g}$ – ентальпія сухих газів, кДж/кг ;

$$i_{c.g} = c_{c.g} \cdot t_{c.g}; \quad (2.9)$$

$c_{c.g}$ – теплоємність сухих газів, $c_{c.g} = 1,05 \text{ кДж/кг}\cdot\text{K}$; $t_{c.g}$ – температура сухих газів, $t_{c.g} = 160^\circ\text{C}$; x_0 – вологовмісткість свіжого повітря при місцевих умовах (прийнятих): температурі 18°C і відносній вологості $\varphi_0 = 72\%$; i_n – ентальпія водяної пари, кДж/кг ;

$$i_n = r_0 + c_n \cdot t_n, \quad (2.10)$$

r_0 – теплота випаровування води при температурі 0°C , $r_0 = 2500 \text{ кДж/кг}$; c_n – середня теплоємність водяної пари, $c_n = 1,97 \text{ кДж/кг}\cdot\text{K}$; t_n – температура водяних парів, $t_n = t_{c.g} = t_1 = 160^\circ\text{C}$.

Перерахуємо зміст компонентів палива, при згорянні яких утворюється вода, з об'ємних часток в масові:

					6.133.21.05.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

$$\text{CH}_4 = \frac{0,92 \cdot 16 \cdot 273}{22,4 \cdot 0,652 \cdot (273+18)} = 0,939;$$

$$\text{C}_2\text{H}_6 = \frac{0,005 \cdot 30 \cdot 273}{22,4 \cdot 0,652 \cdot (273+18)} = 0,0096;$$

$$\text{H}_2 = \frac{0,05 \cdot 2 \cdot 273}{22,4 \cdot 0,652 \cdot (273+18)} = 0,0064.$$

Кількість вологи, що виділилася при згоранні 1 кг палива дорівнює:

$$\sum \frac{9 \cdot n}{12 \cdot m + n} \cdot C_m H_n = \frac{9 \cdot 4}{12 \cdot 1 + 4} \cdot 0,939 + \frac{9 \cdot 6}{12 \cdot 2 + 6} \cdot 0,0096 + \frac{9 \cdot 2}{12 \cdot 0 + 2} \cdot 0,0064 =$$

$$= 2,19 \text{ кг/кг.}$$

Коефіцієнт надлишку повітря

$$\alpha = \frac{51945 \cdot 0,95 + 1,34 \cdot 18 - 1,05 \cdot 160 \cdot (1 - 2,19) - (2500 + 1,97 \cdot 160) \cdot 2,19}{17,68 \cdot (1,05 \cdot 160 + (2500 + 1,97 \cdot 160) \cdot 0,0092 - 41,9)} = 16,1$$

Загальна питома маса сухих газів, що отримується при спалюванні 1 кг палива і розведенні топкових газів повітрям до температури суміші $t_1 = 160^\circ\text{C}$, дорівнює:

$$G_{c.g} = 1 + \alpha \cdot L_0 - \sum \frac{9 \cdot n}{12 \cdot m + n} \cdot C_m H_n \quad (2.11)$$

$$G_{c.g} = 1 + 16,1 \cdot 17,68 - 2,19 = 283,5 \text{ кг/кг.}$$

Питома маса водяної пари в газовій суміші при спалюванні 1 кг палива

$$G_n = \sum \frac{9 \cdot n}{12 \cdot m + n} \cdot C_m H_n + \alpha \cdot x_0 \cdot L_0 \quad (2.12)$$

$$G_n = 2,19 + 16,1 \cdot 0,0092 \cdot 17,68 = 4,81 \text{ кг/кг.}$$

Вологовмісткість газів на вході в сушарку

$$x_1 = \frac{G_n}{G_{c.g}} \quad (2.13)$$

					6.133.21.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$x_1 = \frac{4,81}{283,5} = 0,017 \text{ кг/кг.}$$

Оскільки коефіцієнт надлишку повітря α великий, фізичні властивості газової суміші, яку використовують як сушильного агента, практично не відрізняються від фізичних властивостей повітря. Це дає можливість використовувати в розрахунках діаграму стану вологого повітря $I - x$.

За параметрами повітряної суміші на вході в сушарку ($x_1 = 0,017$ кг/кг и $t_1 = 160^\circ\text{C}$) визначаємо ентальпію суміші:

$$I_1 = 209 \text{ кДж/кг.}$$

З огляду на, що температура відпрацьованої повітряної суміші повинна бути на $10-30^\circ\text{C}$ вище кінцевої температури матеріалу, приймаємо

$$t_2' = t_{\text{км}} + 20 = 80 + 20 = 100^\circ\text{C.}$$

Тоді параметри повітряної суміші на виході з сушарки по $I - x$ діаграмі: $t_2' = 100^\circ\text{C}$; $I_2' = I_1 = 209$ кДж/кг; $x_2 = 0,039$ кг/кг. Далі складаємо тепловий баланс сушарки.

Тепло, яке надходить з повітрям

$$Q_1 = L \cdot I_0 \quad (2.14)$$

тепло, яке надходить з матеріалом

$$Q_2 = G_{\text{к}} \cdot c_{\text{м}} \cdot t_{\text{нм}} \quad (2.15)$$

тепло, яке надходить з випаровується вологою матеріалу

$$Q_3 = W \cdot c_{\text{в}} \cdot t_{\text{нм}} \quad (2.16)$$

тепло, отримане в калорифері, позначимо через Q_4 ;
тепло, понесене сушильним агентом

$$Q_5 = L \cdot I_2 \quad (2.17)$$

тепло, винесене з сушарки з парами вологи, що випарувалася з матеріалу

$$Q_6 = W \cdot i_{\text{п}} \quad (2.18)$$

тепло, що пішов з висушеним матеріалом

$$Q_7 = G_{\text{к}} \cdot c_{\text{м}} \cdot t_{\text{км}} \quad (2.19)$$

тепло втрат $Q_{\text{пот}}$.

Запишемо рівняння приходу і витрати тепла

$$Q_{\text{прих}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 \quad (2.20)$$

$$Q_{\text{расх}} = Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_{\text{пот}} \quad (2.21)$$

звідки рівняння теплового балансу

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_{\text{пот}} \quad (2.22)$$

Вирішуючи рівняння теплового балансу щодо ентальпії відпрацьованої суміші, отримаємо

$$I_2 = I_1 - \frac{\Delta}{1} \quad (2.23)$$

де Δ – різниця питомих витрат теплоти в реальному і в теоретичній сушарках, що враховує витрату тепла на нагрів матеріалу і втрати тепла на нагрів матеріалу і втрати теплоти в навколишнє середовище

$$\Delta = \frac{G_{\text{к}}}{W} \cdot c_{\text{м}} \cdot (t_{\text{км}} - t_{\text{нм}}) - c_{\text{в}} \cdot t_{\text{нм}} + q_{\text{п}} \quad (2.24)$$

де $c_{\text{м}} = 0,72$ кДж/кг·к – теплоємність матеріалу, $c_{\text{в}} = 4,19$ кДж/кг·К - теплоємність води.

$$t_{\text{ср}} = \frac{t_{\text{нм}} + t_{\text{км}}}{2} = \frac{28 + 80}{2} = 54^{\circ}\text{C}.$$

Витрата сухого газу $L_{\text{с.г}}$

$$L_{\text{с.г}} = \frac{W}{x_2 - x_1} \quad (2.25)$$

$$L_{\text{с.г}} = \frac{0,2}{0,039 - 0,017} = 9,1 \text{ кг/с}.$$

					6.133.21.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Витрата сухого повітря L

$$L = \frac{W}{x_2 - x_0} \quad (2.26)$$

$$L = \frac{0,2}{0,039 - 0,0092} = 6,7 \text{ кг/с.}$$

Витрата тепла на сушку

$$Q_c = L_{c,r} \cdot (I_1 - I_0) \quad (2.27)$$

$$Q_c = 9,1 \cdot (209 - 41,9) = 1520,6 \text{ кВт.}$$

Витрата палива на сушку

$$G_T = \frac{Q_c}{Q} \quad (2.28)$$

$$G_m = \frac{1520,6}{51945} = 29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/с.}$$

Питома витрата повітряної суміші

$$\ell = \frac{L}{W} \quad (2.29)$$

$$\ell = \frac{6,7}{0,2} = 33,6 \text{ кг/кг.}$$

Питома витрата тепла на сушку

$$q = \ell \cdot (I_1 - I_0) \quad (2.30)$$

$$q = 33,6 \cdot (209 - 41,9) = 5515 \text{ кДж/кг.}$$

Втрати тепла

$$q_{\text{пот}} = 0,1 \cdot q \quad (2.31)$$

$$q_{\text{пот}} = 0,1 \cdot 5515 = 552 \text{ кДж/кг.}$$

Отже

$$\Delta = \frac{4,2}{0,2} \cdot 0,72 \cdot (80 - 28) - 4,19 \cdot 28 + 552 = 874 \text{ кДж/кг.}$$

Тоді ентальпія повітряної суміші на виході з сушарки

$$I_2 = 209 - \frac{874}{33,6} = 183 \text{ кДж/кг.}$$

Значенням $I_2 = 183 \text{ кДж/кг}$ та $x_2 = 0,037 \text{ кг/кг}$ згідно по $I - x$ діаграмі температура повітряної суміші $t_2 = 85^\circ\text{C}$, т. е. $t_2 > t_{\text{км}}$

2.4 Гідравлічний опір апарата

Визначимо еквівалентний діаметр сушильного барабана. Довжина лопаті $l_0 = 280 \text{ мм}$, кількість лопатей $z = 8$, отже, периметр поверхні, що контактує з сушильним агентом

$$\Pi = \pi \cdot D + 2 \cdot z \cdot l_0 \quad (2.42)$$

$$\Pi = 3,14 \cdot 2,0 + 2 \cdot 8 \cdot 0,28 = 10,76 \text{ м.}$$

Вільна площа перетину корпусу сушарки без урахування товщини лопатей

$$f = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (2.43)$$

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

Еквівалентний діаметр сушильного барабана

$$d_{\text{екв}} = \frac{4 \cdot f}{\Pi} \quad (2.44)$$

					6.133.21.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$d_{\text{эКВ}} = \frac{4 \cdot 3,14}{10,76} = 1,17 \text{ м.}$$

Уточнимо швидкість руху сушильного агента по прийнятому діаметру барабана ($D = 2000 \text{ мм}$):

$$\omega_{\Gamma} = \frac{4 \cdot L}{\pi \cdot \rho_{\text{В}} \cdot (1 - \beta) \cdot D^2} \quad (2.45)$$

$$\omega_{\Gamma} = \frac{4 \cdot 3,7}{3,14 \cdot 0,89 \cdot (1 - 0,2) \cdot 2,0^2} = 1,65 \text{ м/с.}$$

В'язкість сушильного агента при середній температурі $t_{\text{ср}} = 123^{\circ}\text{C}$ по табл. XIII [1]: $\mu = 0,0238 \cdot 10^{-3} \text{ Па}$.

Значення критерію Re для сушильного агента

$$Re = \frac{\omega_{\Gamma} \cdot d_{\text{эКВ}} \cdot \rho_{\text{В}}}{\mu_{\text{В}}} \quad (2.46)$$

$$Re = \frac{1,65 \cdot 1,17 \cdot 0,89}{0,0238 \cdot 10^{-3}} = 72191 > Re = 10000,$$

отже, режим руху турбулентний.

Коефіцієнт тертя

$$\lambda = \frac{0,316}{Re^{0,25}} \quad (2.47)$$

$$\lambda = \frac{0,316}{72191^{0,25}} = 0,0192$$

Втрата тиску на довжині сушильного барабана

$$\Delta p = \lambda \cdot \frac{L}{d_{\text{эКВ}}} \cdot \frac{\omega_{\Gamma}^2 \cdot \rho}{2} \quad (2.48)$$

$$\Delta p = 0,0192 \cdot \frac{12}{1,17} \cdot \frac{1,65^2 \cdot 0,89}{2} = 72 \text{ Па.}$$

За досвідченими даними опір барабанної сушарки $\Delta p = 100 \dots 200$ Па (див. с. 167) [6] при швидкості повітря $\omega_r = 2,0$ м / с і коефіцієнті заповнення $\beta = 0,2$. В даному випадку також враховується гідравлічний опір пересипаного з лопатей матеріалу.

2.5 Вибір допоміжного обладнання

При розрахунку барабанних сушарок треба вибрати вентилятор для подачі сушильного агента і пиловловлювального пристрою. В даному випадку виконаємо розрахунок пиловловлювального пристрою. Для очищення сушильного агента від пилу можна застосувати пилоосадові циклони, газові фільтри, електрофільтри і гідравлічні пилоуловлювачі. Найбільше застосування отримали циклони, тому що вони вловлюють тверді частинки з розмірами 100-0,3 мкм і мають хорошу ступінь очищення (85-45%). [3]

Вибираємо для розрахунку циклон типу ВТІ. Розміри циклону визначаються заданим ступенем дисперсності і швидкостями газу в самому циклоні (12-14 м/с), у вхідному отворі (18-20 м/с) і вихлопній трубі (4-8 м/с).

Вихідні дані для розрахунку:

Продуктивність по сушильному агенту

$$V = \frac{L}{\rho_B} \quad (2.40)$$

$$V = \frac{0,73}{1,01} = 0,72 \text{ м}^3/\text{с};$$

найменший діаметр уловлюваних частинок: $d_{\min} = 0,3$ мм;

швидкість газової суміші

при вході в циклон: $\omega_{\text{вх}} = 20$ м/с;

в циклоні: $\omega_{\text{ц}} = 12$ м/с;

у вихлопній трубі: $\omega_{\text{тр}} = 8$ м/с.

Площа перерізу вхідного патрубку

$$S = b \cdot h = \frac{V}{\omega_{\text{вх}}} \quad (2.41)$$

					6.133.21.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$S = \frac{0,72}{20} = 0,036 \text{ м}^2.$$

Для циклонів типу ВТІ рекомендується $h = 4 \cdot b$, тоді сторони перерізу
воздуховоду

$$b = 0,5 \cdot \sqrt{S} \quad (2.42)$$

$$b = 0,5 \cdot \sqrt{0,036} = 0,1 \text{ м};$$

$$h = 4 \cdot b = 4 \cdot 0,1 = 0,4 \text{ м}.$$

Орієнтовне значення діаметра циклону

$$D \approx 5,9 \cdot b \quad (2.43)$$

$$D = 5,9 \cdot 0,1 = 0,59 \text{ м},$$

приймаємо $D = 0,6 \text{ м}$.

Вважаємо, що осадження частинок підпорядковується закону Стокса.

Тому швидкість осадження підраховуємо за формулою

$$\omega_o = \frac{d^2 \cdot (\rho_m - \rho_v) \cdot \omega_{ц}^2 \cdot \rho_v}{9 \cdot \mu \cdot D} \quad (2.44)$$

$$\omega_o = \frac{(0,3 \cdot 10^{-3})^2 \cdot (1060 - 1,01) \cdot 12^2 \cdot 1,01}{9 \cdot 0,0238 \cdot 10^{-3} \cdot 0,6} = 0,13 \text{ м/с}.$$

Перевіряємо правильність застосування цієї формули за рівнянням

$$Re = \frac{\omega_o \cdot d \cdot \rho_v}{\mu_v} \quad (2.45)$$

					6.133.21.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$Re = \frac{0,13 \cdot 0,3 \cdot 10^{-3} \cdot 1,01}{0,0238 \cdot 10^{-3}} = 0,15 < 0,2,$$

тобто формула застосовна.

Внутрішній діаметр вихлопної труби

$$d_{\text{вн}} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{V}{\omega_{\text{T}}}} \quad (2.46)$$

$$d_{\text{вн}} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{0,72}{8}} = 0,34 \text{ м.}$$

Зовнішній діаметр вихлопної труби

$$d_{\text{н}} = d_{\text{вн}} + 2 \cdot \delta \quad (2.47)$$

де $\delta = 0,005$ м – прийнята товщина труби

$$d_{\text{н}} = 0,34 + 2 \cdot 0,005 = 0,35 \text{ м}$$

Діаметр циклону

$$D_{\text{ц}} = \frac{d_{\text{н}}}{1 - 10 \cdot \frac{\omega_{\text{o}}}{\omega_{\text{ц}}}} \quad (2.48)$$

$$D_{\text{ц}} = \frac{0,35}{1 - 10 \cdot \frac{0,13}{12}} = 0,49 \text{ м,}$$

оскільки розбіжність з раніше прийнятим значенням невелика, то приймаємо $D = 0,6$ м.

Висота циліндричної частини циклону

					6.133.21.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$h_1 = \frac{2 \cdot V}{(D - d_H) \cdot \omega_{\text{ц}}} \quad (2.49)$$

$$h_1 = \frac{2 \cdot 0,72}{(0,6 - 0,35) \cdot 12} = 0,48 \text{ м.}$$

Висота конусної частини циклону

$$h_2 = 5,05 \cdot b \quad (2.50)$$

$$h_2 = 5,05 \cdot 0,1 = 0,51 \text{ м.}$$

Гідравлічний опір циклону

$$\Delta p = \zeta_{\text{ц}} \cdot \frac{\omega_{\text{вх}}^2 \cdot \rho_{\Gamma}}{2} \quad (2.51)$$

де $\zeta_{\text{ц}}$ – коефіцієнт опору для циклону типу ВТІ

$$\Delta p = 6 \cdot \frac{20^2 \cdot 1,01}{2} = 1212 \text{ Па}$$

Далі вибираємо вентилятор.

Потужність, споживана вентилятором

$$N = \frac{V_{\Delta p}}{1000 \cdot \eta} \quad (2.52)$$

де V – подача вентилятора, $\text{м}^3/\text{с}$; Δp – Повний опір сушильної установки з урахуванням швидкісного напору, Па; $\eta = \eta_{\text{в}} \cdot \eta_{\text{пр}}$ – загальний ККД вентиляторної установки.

$$V = \frac{L}{\rho} \quad (2.53)$$

$$V = \frac{0,73}{1,01} = 0,72 \text{ м}^3/\text{с}.$$

$$\Delta p = \Delta p_{\text{тр}} + \Delta p_{\text{мс}} + \Delta p_{\text{суш}} + \Delta p_{\text{кт}} + \Delta p_{\text{ц}} + \Delta p_{\text{ск}} \quad (2.54)$$

де

$$\Delta p_{\text{тр}} = \lambda \cdot \frac{l}{D} \cdot \frac{\omega^2 \cdot \rho}{2} \quad (2.55)$$

опір тертя повітроводів, Па;

$$\Delta p_{\text{м}} = \sum \zeta \cdot \frac{\omega^2 \cdot \rho}{2} \quad (2.56)$$

місцеві опору, Па; $\Delta p_{\text{суш}}$ – опір сушарки, Па; $\Delta p_{\text{кт}}$ – опору камери підігріву, Па; $\Delta p_{\text{ц}}$ – опір циклонів;

$$\Delta p_{\text{ш}} = \frac{\omega^2 \cdot \rho}{2} \quad (2.57)$$

швидкісний напір, Па.

Відповідно до схеми сушильної установки приймаємо наступні вихідні дані для розрахунку:

Загальна довжина повітроводів $l = 20$ м;

Кількість засувов $n_z = 2$ шт.;

Кількість відводів під кутом 90° $n_{\text{от}} = 2$ шт.

Швидкість газів в трубопроводах допускається в межах 10-20 м / с, приймаємо $\omega_1 = 20$ м/с.

З рівняння витрати знаходимо Діаметр воздуховода між аппаратами

$$d = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot \omega}} \quad (2.58)$$

					6.133.21.05.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

$$d = \sqrt{\frac{0,72}{0,785 \cdot 20}} = 0,214 \text{ м.}$$

Приймаємо повітропровід з листового заліза діаметром 220x2 мм.

Уточнюємо швидкість руху повітряної суміші

$$\omega = \frac{V}{0,785 \cdot d^2} \quad (2.59)$$

$$\omega = \frac{0,72}{0,785 \cdot 0,216^2} = 19,7 \text{ м/с.}$$

Швидкісний напір

$$\Delta p_{\text{ск}} = \frac{19,7^2 \cdot 1,01}{2} = 196 \text{ Па.}$$

Величина критерію Re

$$Re = \frac{\omega \cdot d \cdot \rho}{\mu} \quad (2.60)$$

$$Re = \frac{19,7 \cdot 0,216 \cdot 1,01}{0,0238 \cdot 10^{-3}} = 180578$$

Значення коефіцієнта тертя

$$Re = \frac{0,316}{Re^{0,25}} \quad (2.61)$$

$$Re = \frac{0,316}{180578^{0,25}} = 0,015$$

Для відводів під кутом 90° і засувки знаходимо, що $\zeta_1 = \zeta_2 = 0,15$, отож

					6.133.21.05.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

$$\Delta p_{\text{ш}} + \Delta p_{\text{м}} = \frac{\omega^2 \cdot \rho}{2} \cdot \left(\lambda \cdot \frac{1}{D} + \sum \zeta_i \right) \quad (2.62)$$

$$\Delta p_{\text{ш}} + \Delta p_{\text{м}} = 196 \cdot \left(0,015 \cdot \frac{20}{0,216} + 2 \cdot 0,15 + 2 \cdot 0,15 \right) = 390 \text{ Па.}$$

Опір циклону коливається в межах 40-85 мм вод. ст., опір змішувальних камер: 10-20 мм вод. ст., тоді

$$\Delta p_{\text{ц}} + \Delta p_{\text{кт}} = (85 + 10) \cdot 9,81 = 932 \text{ Па.}$$

Повний опір сушильної установки

$$\Delta p = 390 + 70 + 1212 + 196 = 1868 \text{ Па.}$$

При ККД вентилятора $\eta = 0,65$ потужність, споживана вентилятором,

$$N = \frac{0,72 \cdot 1868}{1000 \cdot 0,7} = 2,07 \text{ кВт.}$$

Приймаємо вентилятор Ц-1-4030, має продуктивність $V = 1,12 \text{ м}^3/\text{с}$, напір $\Delta p = 3280 \text{ Па}$ і потужність $N = 2,2 \text{ кВт}$.

					6.133.21.05.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

3 Розрахунок апарата на міцність та герметичність

3.1 Вибір конструкторських матеріалів [8]

Суть вибору конструкції барабанної сушарки визначається вибором типу насадки барабана. Вибір типу насадки залежить від умов сушіння, від властивостей матеріалу, що висушується. Так в залежності від номінального розміру часток, що висушується, а також того що сульфат амонію має мале значення насипної щільності, вибираємо лопатеву насадку.

З огляду на, що сульфат амонію не відноситься до хімічно активних речовин, для конструкції барабанної сушарки і її елементів применя третьому матеріал - сталь 20. Вибір на користь цієї сталі, заснований на її порівняно низької вартості, хорошій оброблюваності і досить високими фізико-механічними властивостями. Хімічний склад і механічні властивості представлені в таблиці 3.1

Таблиця 3.1 - Хімічний склад і механічні властивості сталі 20

C, %	Mn, %	Si, %	Cr, %	Ni, %	Cu, %	As, %	S, %	P, %	E·10 ⁵ МПа	σ МПа	σ МПа	δ %
0,23- 0,3	0,5- 0,8	0,05- 0,19	0,3	0,5	0,3	0,08	0,05	0,04	2,0	280	400	23

3.2 Розрахунок товщини стінки барабана

При розрахунку сушильного барабана необхідно визначити товщину стінки і прогин барабана. Барабан розглядається як балка, вільно лежить на двох опорах. Вага барабана, насадки, бандажів, що завантажуються і ізоляції являє собою рівномірно розподілене навантаження на довжині барабана, вага венцової шестерні - зосереджену силу.

Товщину стінки барабана вибирають по каталогу або попередньо розраховують за емпіричною формулою

$$\delta = (0,007...0,011) \cdot D_{\sigma} \quad (3.1)$$

$$\delta = (0,007...0,011) \cdot 2,0 = 0,014...0,022 \text{ м,}$$

приймаємо $\delta = 0,016 \text{ м} = 16 \text{ мм.}$

Маса матеріалу в сушильному барабані

$$G_M = 0,785 \cdot D^2 \cdot L_{\text{б}} \cdot \beta \cdot \rho \quad (3.2)$$

$$G_M = 0,785 \cdot 2,0^2 \cdot 12 \cdot 0,15 \cdot 1160 = 6557 \text{ кг.}$$

Маса барабана

$$G_{\text{бар}} = \pi \cdot D^2 \cdot \delta \cdot \rho \cdot L_{\text{б}} \quad (3.3)$$

$$G_{\text{бар}} = 3,14 \cdot 2,0^2 \cdot 0,016 \cdot 8530 \cdot 12 = 10285 \text{ кг.}$$

Маса ізоляції

$$G_{\text{из}} = \pi \cdot D \cdot \delta_{\text{из}} \cdot \rho_{\text{из}} \cdot L_{\text{б}} \quad (3.4)$$

де $\delta_{\text{из}} = 0,1$ м – товщина ізоляції, яка приймається в межах $\delta_{\text{из}} = 0,1 \dots 0,2$ м; $\rho_{\text{из}} = 250 \text{ кг/м}^3$ – щільність ізоляції (табл. XXVIII) [2]

$$G_{\text{из}} = 3,14 \cdot (2,0 + 2 \cdot 0,016) \cdot 0,1 \cdot 250 \cdot 12 = 1914 \text{ кг}$$

Сумарне навантаження

$$p = (G_M + G_{\text{из}} + G_{\text{бар}}) \cdot g \quad (3.5)$$

$$p = (6557 + 1914 + 10285) \cdot 9,81 = 164 \cdot 10^3 \text{ Н} = 0,164 \text{ МН.}$$

Питома навантаження на довжині барабана

$$q = \frac{p}{L} \quad (3.6)$$

$$q = \frac{0,164}{12} = 13,7 \cdot 10^{-3} \text{ МН/м.}$$

Відстань між опорами

$$l_o = 0,586 \cdot L_{\text{б}} = 0,586 \cdot 12 = 7,03 \text{ м.}$$

Згинаючий момент від рівномірно розподіленого навантаження

					6.133.21.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$M_1 = \frac{q \cdot l_o^2}{8} \quad (3.7)$$

$$M_1 = \frac{13,7 \cdot 10^{-3} \cdot 7,03^2}{8} = 0,085 \text{ МН}\cdot\text{м.}$$

Для діаметра барабана $D = 2,0$ м вага венцової шестерні (див. с. 163) [6]:
 $p_{\text{венц}} = 13000$ Н.

Згинаючий момент від зосередженого навантаження венцової шестерні.

$$M_2 = \frac{p_{\text{венц}} \cdot l_o}{4} \quad (3.8)$$

$$M_2 = \frac{13000 \cdot 7,03}{4} = 23 \cdot 10^3 \text{ МН}\cdot\text{м} = 0,023 \text{ МН}\cdot\text{м.}$$

Сумарний згинаючий момент

$$M_{\text{и}} = M_1 + M_2 \quad (3.9)$$

$$M_{\text{и}} = 0,85 + 0,023 = 0,108 \text{ МН}\cdot\text{м.}$$

Крутний момент на барабані

$$M_{\text{кр}} = \frac{N}{2 \cdot \pi \cdot n} \cdot 10^{-3} \quad (3.10)$$

$$M_{\text{кр}} = \frac{24 \cdot 10^{-3} \cdot 60}{2 \cdot 3,14 \cdot 3,2} = 0,072 \text{ МН}\cdot\text{м.}$$

Розрахунковий (наведений) момент

$$M_p = 0,35 \cdot M_{\text{и}} + 0,65 \cdot \sqrt{M_{\text{и}}^2 + M_{\text{кр}}^2} \quad (3.11)$$

$$M_p = 0,35 \cdot 0,108 + 0,65 \cdot \sqrt{0,108^2 + 0,072^2} = 0,122 \text{ МН}\cdot\text{м}$$

Момент опору перетину кільцевої стінки барабана

$$W = 0,785 \cdot D^2 \cdot \delta \quad (3.12)$$

					6.133.21.05.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

$$W = 0,785 \cdot 2,0^2 \cdot 0,016 = 0,0502 \text{ м}^3.$$

Напряга в стінці барабана

$$\sigma_u = \frac{M_p}{W} \quad (3.13)$$

$$\sigma_u = \frac{0,122}{0,0502} = 2,43 \text{ МН/м}^2,$$

що знаходиться в допустимих межах: $[\sigma_u] = 5 \div 10 \text{ МН/м}^2$.

Кільцевий момент інерції стінки барабана

$$I = \frac{\pi \cdot D_{cp}^3}{8} \cdot \delta = \frac{\pi}{8} (D + \delta)^3 \cdot \delta \quad (3.14)$$

$$I = \frac{3,14}{8} (2,0 + 0,016)^3 \cdot 0,016 = 0,0515 \text{ м}^4.$$

Для вуглецевої сталі модуль пружності: $E = 1,9 \cdot 10^5 \text{ МН/м}^2$.

Прогин барабана від рівномірно розподіленого навантаження

$$f_1 = \frac{5 \cdot q \cdot l_o^4}{384 \cdot E \cdot I} \quad (3.15)$$

$$f_1 = \frac{5 \cdot 13,7 \cdot 10^{-3} \cdot 7,03^4}{384 \cdot 1,9 \cdot 10^5 \cdot 0,0515} = 0,45 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Прогин під дією сили ваги венцової шестерні

$$f_2 = \frac{p_{венц} \cdot l_o^3}{48 \cdot E \cdot I} \quad (3.16)$$

$$f_2 = \frac{13000 \cdot 10^{-6} \cdot 7,03^3}{48 \cdot 1,9 \cdot 10^5 \cdot 0,0515} = 0,1 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Загальний прогин

$$f = f_1 + f_2 \quad (3.17)$$

					6.133.21.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$f = (0,45 + 0,1) \cdot 10^{-4} = 0,55 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Допустимий прогин

$$[f] = 0,0003 \cdot l_0 = 0,0003 \cdot 7,03 = 21,1 \cdot 10^{-4} \text{ м,}$$

тобто умова жорсткості барабана виконується.

3.3 Визначення товщини опорного бандажу сушарки

Бандажі служать для передачі тиску від ваги барабана і завантаженого в нього матеріалу на опорні ролики. Бандажі представляють собою кільця прямокульно або коробчатого перетину. Для барабанів з $D > 1,0$ м найчастіше застосовують вільне кріплення бандажів, які надягають на чавунні або сталеві черевики. Башмаки повернені упорними головками в різні боки для попередження осьового зсуву бандажа.

Реакцію опорного ролика визначаємо за формулою

$$R_p = \frac{(p + p_{\text{венц}}) \cdot \cos \alpha}{2 \cdot z \cdot \cos \frac{\varphi}{2}} \quad (3.18)$$

$$R_p = \frac{(0,164 + 0,013) \cdot \cos 3^\circ 42'}{2 \cdot 2 \cdot \cos 15^\circ} = 0,046 \text{ МН,}$$

де $\alpha = 3^\circ 42'$ – кут нахилу барабана; $\varphi = 60^\circ$ – кут між опорними роликами; z - число бандажів.

Діаметр опорного ролика

$$d_p = \frac{D}{3 \dots 4} = \frac{2000}{3 \dots 4} = 500 \dots 667 \text{ мм,}$$

приймаємо $d_p = 550$ мм.

Приймаємо число черевиків (парне число): $n_6 = 8$.

Матеріал черевика і роликів – Сталь 45 Л, модуль пружності якої $E_1 = E_2 = 2 \cdot 10^5$ МПа, допустима напруга на вигин $[\sigma_{\text{в}}] = 50$ МПа, допустиме контактне напруження $[\sigma_{\text{к}}] = 500$ МПа (див. с. 256) [4].

					6.133.21.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Кут між черевиками

$$j = \frac{2 \cdot \pi}{n_6} \quad (3.20)$$

$$j = \frac{2 \cdot 3,14}{8} = 45^\circ.$$

Число черевиків в одному квадраті

$$n_{61} = \frac{n_6 - 2}{4} \quad (3.21)$$

$$n_{61} = \frac{8 - 2}{4} = 1,5,$$

приймаємо $n_{61} = 2$.

Сила, що діє на найнижчий черевик

$$Q_0 = \frac{4 \cdot R_{0п}}{n_6} \quad (3.22)$$

$$Q_0 = \frac{4 \cdot 46}{8} = 23 \text{ кН.}$$

Сили, що діють на черевики за формулою 3.149 [4]

$$Q_1 = Q_0 \cdot \cos j = 23 \cdot \cos 45^\circ = 16,3 \text{ кН};$$

$$Q_2 = Q_0 \cdot \cos 2j = 23 \cdot \cos 90^\circ = 0 \text{ кН};$$

Розрахункові кути для визначення пар сил

$$Q_0; \Theta_0 = 180^\circ; \sin 180^\circ = 0; \cos 180^\circ = -1;$$

$$Q_1; \Theta_1 = 135^\circ; \sin 135^\circ = 0,7; \cos 135^\circ = -0,7;$$

					6.133.21.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$Q_2; \Theta_2 = 90^\circ; \sin 90^\circ = 1; \cos 90^\circ = 0;$$

$$\beta = 150^\circ; \operatorname{tg} 150^\circ = -0,57; \cos 150^\circ = -0,866.$$

Середній радіус барабана при

$$D_{\text{cp.б}} = 1,2 \cdot D_{\text{н}} \quad (3.23)$$

$$D_{\text{cp.б}} = 1,2 \cdot (2,0 + 2 \cdot 0,016) = 2,440 \text{ м} = 2440 \text{ мм};$$

$$R_{\text{cp}} = \frac{D_{\text{cp.б}}}{2} \quad (3.24)$$

$$R_{\text{cp}} = \frac{2440}{2} = 1220 \text{ мм} = 1,22 \text{ м}.$$

Згинаючий момент в місцях прикладання сил по формулі 3.154 [4]

$$M_{o0} = -\frac{Q_0 \cdot R_{\text{cp}}}{2 \cdot \pi} \cdot \left(1 + \frac{1}{\cos \beta} - (\pi - \beta) \cdot \operatorname{tg} \beta\right) \quad (3.25)$$

$$M_{o0} = -\frac{23 \cdot 1,22}{2 \cdot 3,14} \cdot \left(1 + \frac{1}{\cos 150^\circ} - (3,14 - 2,61) \cdot \operatorname{tg} 150^\circ\right) = -0,65 \text{ кН}\cdot\text{м};$$

$$M_{o1} = -\frac{Q_1 \cdot R_{\text{cp}}}{\pi} \cdot \left(1 - \frac{\cos \Theta_1}{\cos \beta} - (\pi - \Theta_1) \cdot \sin \Theta_1 + (\pi - \beta) \cdot \cos \Theta_1\right) \quad (3.26)$$

$$M_{o1} = -\frac{16,3 \cdot 1,22}{3,14} \cdot \left(1 - \frac{\cos 135^\circ}{\cos 150^\circ} - (3,14 - 2,355) \cdot \sin 135^\circ + (3,14 - 2,61) \cdot \cos 135^\circ \cdot \operatorname{tg} 150^\circ\right) = 0,91 \text{ кН}\cdot\text{м};$$

Сумарний згинаючий момент в ключовому перетині

$$M_o = M_{o0} + M_{o1} = -0,65 + 0,91 = 0,26 \text{ кН}\cdot\text{м}.$$

					6.133.21.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Ширина бандажу за формулою 3.163 [4] при $D_{н.б} > D_{ср.б}$ ($D_{н.б} = 2,5$ м)

$$b = 0,59^2 \cdot \frac{R_p \cdot E_1 \cdot E_2 \cdot 2 \cdot (D_{н.б} + d_p)}{[\sigma_k]^2 \cdot (E_1 + E_2) \cdot D_{н.б} \cdot d_p} \quad (3.27)$$

$$b = 0,59^2 \cdot \frac{0,046 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot (2,0 + 0,55)}{500^2 \cdot (2 \cdot 10^5 + 2 \cdot 10^5) \cdot 2,0 \cdot 0,55} = 0,137 \text{ м} = 137 \text{ мм},$$

приймаємо $b = 140$ мм.

Висота перерізу бандажа

$$h_{б} = \sqrt{\frac{6 \cdot M_{\max}}{b \cdot [\sigma_{и}]}} \quad (3.28)$$

$$h_{б} = \sqrt{\frac{6 \cdot 0,26 \cdot 10^3}{0,04 \cdot 50 \cdot 10^6}} = 0,149 \text{ м} = 149 \text{ мм},$$

приймаємо $h_{б} = 150$ мм.

3.4 Розрахунок упорного ролика

Для реалізації кочення упорного ролика по скошеної бічній поверхні бандажа без прослизання вершина конічної поверхні ролика повинна знаходитися на осі барабана. При утримуванні барабана від сповзання на упорний ролик діє складова сила тяжіння барабана

$$A = p \cdot \sin \alpha \quad (3.29)$$

$$A = (0,164 + 0,013) \cdot \sin 2^\circ 18' = 0,00864 \text{ МН} = 8,64 \text{ кН}.$$

Середній діаметр бандажа

$$D_{ср} = D_{н.б} - h_{б} \quad (3.30)$$

$$D_{ср} = 2500 - 150 = 2350 \text{ мм}.$$

					6.133.21.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Кут γ при вершині конуса наполегливої ролика

$$\frac{\gamma}{2} = \operatorname{arctg} \frac{d_{\text{уп}}}{d_{\text{сп}}}, \quad (3.31)$$

$$\frac{\gamma}{2} = \operatorname{arctg} \frac{300}{2350} = 7^{\circ}18'$$

де $d_{\text{уп}} = 300$ мм, середній діаметр упорного ролика прийнятий по нормаліям.

Сила T , нормальна до бічної поверхні ролика

$$T = \frac{A}{\cos \frac{\gamma}{2}} \quad (3.32)$$

$$T = \frac{8,64}{\cos 7^{\circ}18'} = 8,71 \text{ кН.}$$

Контактні напруги матеріалу упорного ролика

$$\sigma_{\text{к}} = 0,418 \cdot \sqrt{\frac{T \cdot E}{h_{\text{уп}} \cdot \left(\frac{D_{\text{сп}}}{2}\right) \cdot \sin \frac{\gamma}{2}}} \quad (3.33)$$

$$\sigma_{\text{к}} = 0,418 \cdot \sqrt{\frac{8,71 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^5}{0,3 \cdot \left(\frac{2,35}{2}\right) \cdot \sin 7^{\circ}18'}} = 197 \text{ МПа,}$$

при допустимому значенні $[\sigma_{\text{к}}] = 500$ МПа для Сталі 45Л. Отже умова контактної міцності

$$\sigma_{\text{к}} < [\sigma_{\text{к}}]$$

виконується.

					6.133.21.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4 Монтаж та ремонт апарата

4.1 Монтаж апарата [8]

Монтаж барабанних сушарок складається з наступних основних операцій:

- установка і вивірка плит під опорні і упорні ролики;
- установка і вивірка опорних роликів;
- установка обичайок з натягнутими бандажами;
- установка упорних роликів;
- установка зубчастого вінця;
- установка редуктора і провідної шестерні;
- установка обладнання гарячого і холодного кінців барабана.

Основним монтажним механізмом служить потужний автомобільний або гусеничний кран.

При установці опорних роликів здійснюється їх вивірка по висотним позначок за допомогою нівеліра.

Так як ролики мають ухил осі сушарки до 6° , то для уникнення помилки рейку при вивірці треба встановлювати у всіх роликів на одне і те ж місце.

Правильність ухилу роликів перевіряється за рівнем. Необхідна точність установки роликів щодо осі лежить в межах 2 мм.

Зазвичай корпус сушарки доставляють до місця монтажу з натягнутими бандажами. Встановлюють його або за допомогою крана, або накочуванням по похилій естакаді за допомогою двох лебідок, троси яких намотуються на корпус сушарки на відстані 1,5-2 м від кінців.

При накоченні корпусу потрібно ретельно стежити за тим, щоб бандажі потрапили точно на опорні ролики. Для контролю точності накочування і регулювання положення корпусу в процесі накочування в площині, паралельній площині установки однієї з пар опорних роликів, натягується струна від анкерного болта ролика до вбитого в підлогу (землю) штиря.

Відстань від струни до центру найближчого бандажу повинна дорівнювати відстані від струни до центру відповідної пари роликів. Якщо замір показав, що барабан змістився, наприклад, вправо, то під лівий кінець барабана підкладається клин і, діючи однією правою лебідкою, барабан виводиться в потрібне положення. Після цього клин підкладають під правий кінець барабана і лівої лебідкою вирівнюють барабан, поки його вісь не опиниться паралельній проектної осі сушарки. Діючи таким чином,

					6.133.21.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

домагаються точного попадання бандажу на ролики.

Після закінчення накочування барабан опускається бандажами на опорні ролики за допомогою домкратів.

Потім відбувається установка венцової шестерні. Половинки венцової шестерні за допомогою крана надягають на корпус барабана і прикручують. Потім проводиться вивірка шестерні на осьовий і радіальне биття за допомогою жорстко закріпленого індикатора. Биття як в осьовому, так і в радіальному напрямку не повинно перевищувати 2 мм. Венцова шестерня кріпиться до корпусу барабана на пластинчастих пружинах. Пружини прикріплені до венцової шестерні болтами, а до корпусу - заклепками. По закінченню вивірки шестерні встановлюють пружини. Пружини повинні прилягати до корпусу барабана без зазору, але і без значного натягу.

Використовуючи отвори в встановлених пружинах як кондуктор, в корпусі барабана свердлять отвори під заклепки. Після того як пружини підготовлені, проводиться клепка, і після неї - повторна перевірка шестерні на радіальне і осьове биття.

Підвенцева шестерня повинна бути встановлена під тим же кутом нахилу, що і корпус барабана. За базу при її вивірці служить встановлена і вивірена венцових шестерня.

При цьому радіальний зазор не повинен перевищувати $0,2m + (5 \div 7)$ мм, а боковий – $1 \div 1,5$ мм (m – модуль зачеплення).

Після вивірки підвенцової шестерні встановлюється редуктор приводу, який також повинен бути встановлений під тим же кутом нахилу, що і корпус барабана. Встановлюють і вивіряють редуктор на клинах. Вивірка в вертикальній площині проводиться за допомогою рівня з ціною поділки 0,1 мм на 1 м. Допустимі відхилення при вивірці в межах 5 поділів рівня. Співвісність валів перевіряють за допомогою скоб шляхом заміру зазорів через 20° повороту валів. Після закінчення вивірки і обтягування анкерних болтів все регульовальні підкладки зварюються і підливають бетоном. Також встановлюється і вивіряється електродвигун.

Після монтажу барабану сушарку піддають обкатці. Перед пробним пуском повинно бути перевірено наявність мастила і надходження її до всіх місць, що підлягають змазці. При обкатці всі механізми повинні працювати (переміщатися) плавно, без заїдань, а також без вібрацій і надмірного шуму. Якщо ніяких дефектів не виявлено, то барабанна сушарка обкатується протягом 4 годин. При обкатці триває спостереження за поведінкою всіх механізмів, особливо підшипників, температура яких не повинна перевищувати 65°C .

					6.133.21.05.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

Бандажі повинні котитися по роликам всією поверхнею. Не повинно бути витоків масла з масляної системи.

При роботі барабан не повинен мати осьового зсуву в бік холодного або гарячого кінця. Осьовий зсув барабана усувається шляхом розвороту опорних роликів на кут, що встановлюється дослідним шляхом. Потім проводиться обкатка сушильного барабана без навантаження протягом 36 годин і під навантаженням - протягом 48 годин.

4.2 Ремонт апарата [8]

Барабанні сушарки об'єднують в собі ознаки апарату і машини і їм притаманні несправності, характерні для обох типів обладнання.

У барабанних сушарках швидкого зносу піддаються вкладиші підшипників роликів опор, ущільнювальні кільця, ролики, бандажі, первинна шестерня. У місці подачі гарячих газів можливий прогар ділянки кожуха або деформація його внаслідок впливу високих температур.

Поточний ремонт сушарки проводять через 720 год. Протягом 6 - 16 год. З трудовитратами 10 - 40 чол. / год. Середній ремонт проводять через 8640 год. Протягом 48 - 120 год. При затратах 94 - 600 чол. / год. Капітальний ремонт проводять один раз в 3 роки (через 25920 год.) Протягом 96 - 360 год. При затратах 230 - 1200 чол. / год.

Під час поточного ремонту проводять ревізію маслосистеми; перевіряють герметичність вузлів підпитування сушарки і вивантаження готового продукту; оглядають калорифер або топку; підтягують кріплення вузлів і деталей; оглядають привід сушарки.

При середньому ремонті сушилку частково розбирають, при цьому виконують роботи по ремонту або часткової заміни насадки, зміні роликів, заміні підшипників, кілець ущільнювачів. Проводять середній ремонт приводу: повертають або замінюють підвінцеву шестерню, міняють масло в редукторі і, якщо потрібно, - окремі зношені деталі. Ремонтують футеровку барабана, регулюють обертання барабана.

Під час капітального ремонту повністю розбирають сушилку, замінюють ділянки обичайки, змінюють насадку, ремонтують або змінюють бандажі, повертають або змінюють підвінцове колесо з підвінцевою шестернею, ремонтують футеровку. Барабан сушарки перевіряють на герметичність, центрують. Проводять капітальний ремонт приводу.

Термін служби бандажа досягає 15 - 20 років. Під час капітального ремонту деформовані бандажі проточують за допомогою переносного супорта.

					6.133.21.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Якщо необхідна заміна бандажа, барабан піднімають, розрізають бандаж і видаляють по частинах. Потім встановлюють новий в нагрітому стані або збирають його з двох - трьох частин з наступним зварюванням.

Поверхнева твердість опорних роликів трохи нижче, ніж бандажів. Вони посаджені на осі гарячої або пресової посадкою. Вкладиші підшипників роликів ремонтують при середньому ремонті, ролики періодично протачивають по зовнішній поверхні, або, якщо їх діаметр зменшився до 80% від номінального, замінюють новими (в комплекті з валом).

У підвінцовій шестірні число зубів становить значення від 18 до 25 при модулі 24 - 30 мм. Шестерні змінюють при капітальному ремонті, а в окремих випадках і при середньому. Відновлення їх недоцільно, однак продовжити їх термін служби можна поворотом на 180°.

Зазвичай вінцові колеса складається з двох половин, маса його досягає 4 - 6 т., Термін служби 15-20 років. У міру зношування венцових колесо повертають на кут 180°. В окремих випадках роблять наплавку зубів за шаблоном на зібраному колесі. Наплавлений зуб повинен бути встановлений в горизонтальному положенні, що досягається поворотом самого барабана. Фрезерування зубів після наплавлення можна проводити за допомогою переносного пристосування.

Після капітального ремонту здійснюється обкатка установки в режимі, відповідному обкатці барабана при його монтажі.

					6.133.21.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5 Охорона праці

Температура, вологість, швидкість руху повітря і вміст шкідливих речовин в повітрі робочої зони повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.1.005 – 88.

Сушарка повинна бути обладнана запобіжними пристроями у вигляді вибухових клапанів і мембран.

Електрообладнання, комплектуюче сушилку, має відповідати ГОСТ 12.1.019 – 79, ГОСТ 12.2.007.0 – 75, ГОСТ 12.2.007.1 – 75, и «Правилам устройства электроустановок» (ПУЭ)

Сушарка повинна бути заземлена. Електричний опір не повинно перевищувати 0,1 Ом.

Лінії подачі повітря і сировини в сушилку повинні бути обладнані аварійною сигналізацією та запобіжними пристроями.

Сушарки з навантаженням на опору понад 400 кН повинні бути обладнані гальмівними пристроями, що дозволяють зупинити барабан в будь-якому положенні

Захист обслуговуючого персоналу від ураження електричним струмом повинен забезпечуватися шляхом вибору ступеня захисту електрообладнання по ГОСТ 14254 – 80 и ГОСТ 17494 – 87 .

Температура робочої поверхні сушарки, доступна дотику з робочих місць обслуговуючого персоналу, не повинна перевищувати 40°C при установці всередині виробничих приміщень і 60°C при установці на відкритому майданчику.

Сушарки є джерелами підвищеного шуму і вібрації.

Органи управління сушаркою повинні відповідати ГОСТ 12.2.064 – 81

5.1 Аналіз потенційних небезпек які виникають під час експлуатації обладнання [12]

У проєктованому цеху можливі наступні небезпеки:

1. Ураження струмом.
2. Травматизм рухомими частинами обладнання.
3. Запиленість.

Для кожного хімічного виробництва складається нормативно-технічна документація, в якій вказується:

					6.133.21.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- 1) характеристика властивостей перероблюваного продукту, вихідної сировини і допоміжних матеріалів;
- 2) опис технологічного процесу зі схемою виробництва;
- 3) норми технологічного режиму із зазначенням гранично допустимих відхилень;
- 4) можливі неполадки технологічного процесу, їх причини і способи усунення;
- 5) основні правила пуску, безпечного ведення процесу і зупинки обладнання;
- 6) аналітичний та автоматичний контроль виробництва;
- 7) правила аварійної зупинки виробництва;
- 8) відходи виробництва, стічні води і викиди в атмосферу: їх склад, способи утилізації або очищення і порядок скидання.
- 9) Перелік інструкцій, знання яких обов'язково для осіб, які ведуть технологічний процес і обслуговують дане виробництво.

Точне дотримання нормативно-технічної документації, регламент забезпечує задану продуктивність, якість продукції, безпеку і санітарні умови праці.

Порушення послідовності операцій, відхилення (більше допустимих) від заданих кількостей сировини, що завантажується, температур, тиску і інші можуть привести до аварій.

Для підтримки необхідного технологічного режиму в сучасних безперервних виробництвах контроль і регулювання процесу автоматизують. На вимірювальних і регулюючих приладах є пересувні контакти, встановлені на кордоні гранично допустимих відхилень. При досягненні небезпечних параметрів прилади автоматично вимикають відповідне обладнання і включають звукові або світлові сигнали.

На шкалах найпростіших приладів (манометри, термометри і інші) наносять червону риску, що вказує граничне допустиме відхилення параметра.

5.2 Характеристика застосованих компонентів [15]

Сульфат амонію (амоній сірчаноокислий), $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ — неорганічне бінарне з'єднання, амонійна сіль сірчаної кислоти. Це безбарвні прозорі кристали (або білий порошок) без запаху. Отримують сульфат амонію дією сірчаної кислоти на розчин аміаку і обмінними реакціями з іншими солями. Застосовується в якості добрива, при виробництві віскози, в харчовій промисловості, при очищенні білків в біохімії, як добавка під час хлорування

					6.133.21.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

водопровідної води. Токсичність сульфату амонію дуже низька.

Сульфат амонію (амоній сірчаноокислий, іноді скорочено як AS або AMS) проводиться вже понад 150 років. Спочатку його виготовляли з аміаку, який виділявся при виробництві вугільного газу (використовується для освітлення міст) або вугільного коксу, використововуваного для виробництва сталі. Сьогодні виробники роблять цей реактив, реагуючи на сірчану кислоту нагрітим аміаком. Щоб отримати розмір гранул, найбільш підходящий для застосування, виробники контролюють умови реакції шляхом скринінгу і висушування частинок до досягнення бажаного розміру. Деякі матеріали покриті спеціальною оболонкою для зменшення кількості пилу і проти злежування.

Продукти з різних галузей промисловості задовольняють більшу частину поточного попиту на сульфат амонію. Наприклад, в процесі виробництва нейлону утворюється сульфат амонію в якості спільного продукту. В іншому певні побічні продукти, які містять аміак або відпрацьовану сірчану кислоту, зазвичай перетворюються в сульфат амонію для використання в сільському господарстві.

Хоча колір може варіюватися від білого до бежевого, сульфат амонію послідовно продається як високорозчинний кристал з відмінними властивостями зберігання. Як описано раніше, розмір часток також може змінюватися в залежності від передбачуваного призначення.

5.3 Питання екології та раціонального використання сировини. [5]

Захист навколишнього середовища при виготовленні сульфату амонію спеціального забезпечується ефективною вентиляцією. Повітря перед викидом в атмосферу проходить через потужні циклони, фільтри. Сульфату амонію накопичується на дні фільтрів і періодично забирається. Промивні води із залишком сульфату амонію від прибирання обладнання та приміщень накопичуються в колодязях, які періодично чистяться. Вимоги до контролю за вмістом шкідливих речовин в повітрі робочої зони і концентрація шкідливих речовин – по ГОСТ12.1.005-88.

5.4 Електробезпека [5]

Для запобігання можливих випадків ураження електричним струмом передбачені наступні заходи: застосування для місцевого освітлення низьковольтної напруги (12...36В); повна ізоляція струмоведучих ліній;

					6.133.21.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Корпуси всіх електродвигунів, обладнання, комунікацій – заземлені; місця парогазовиділень обладнані відсмоктуючими пристосуваннями, які приєднані до витяжних ліній.

5.5 Шум та вібрація, засоби захисту від них [5]

Джерелами вібрації та шуму в проектованому цеху є: зубчасті, ланцюгові передачі і вентилятори, редуктори. Заходи по боротьбі з шумом включають в себе: розміщення вентиляторів в окремих ізольованих приміщеннях; обмеження швидкості обтікання деталей повітрям до 0,3 м / с; під'єднання повітроводів до вентиляторів через гнучку, з прогумованої тканини, вставку; установка вентиляторів на окремих фундаментах, віброізолюваних від підлоги та інших конструкцій будівлі.

5.6 Вентиляція [5]

У виробничих будівлях вентиляція повинна здійснюватися за системою, що запобігає можливій передачі пожежі з одного приміщення в інше по вентиляції.

Повітря, що видаляється місцевими відсмоктувачами, з вмістом шкідливих речовин, перед викидом в атмосферу піддається очищенню до допустимого рівня забруднення майданчика, а також до ГДК в повітрі населених пунктів.

Витяжні вентилятори мають безпечне виконання і укомплектовані вибухозахищеними двигунами.

5.7 Розрахунок захисного огороження від теплового ураження

Визначаємо розрахунком товщина теплової ізоляції.

Вихідні дані:

Орієнтовна втрати тепла в навколишнє середовище $Q_{\text{п}} \approx 26 \cdot 10^3$ Вт.

Орієнтовна температура стінки барабана з зовнішньої сторони $t_{\text{ст}} = 35$ °С

Втрати тепла в навколишнє середовище визначається за формулою

$$Q_{\text{п}} = F_{\text{бок}}(T_{\text{ст}} - T_0)\alpha \quad , \text{Вт} \quad (5.1)$$

де $F_{\text{бок}}$ – бічна поверхня барабана, м²

$T_{\text{ст}}$ – температура стінки барабана з зовнішньої сторони, К

T_0 – температура навколишнього середовища, К

α - коефіцієнт тепловіддачі від стінки барабана в навколишнє

					6.133.21.05.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

середовище, Вт/м²К

$$\alpha = \alpha_{л} \quad (5.2)$$

де $\alpha_{л}$ – коефіцієнт тепловіддачі випромінюванням в апараті, Вт/м²К

$\alpha_{л}$ визначається за формулою

$$\alpha_{л} = \frac{\varepsilon C_0 \left[\left(\frac{T_{ст}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_0}{100} \right)^4 \right]}{T_{ст} - T_0} \quad (5.3)$$

де $C_0 = 5,7$ Вт/м²К⁴ – коефіцієнт випромінювання абсолютно чорного тіла

$\varepsilon = 0,95$ – ступінь чорноти для поверхні покритої олійною фарбою

Тоді

$$\alpha_{л} = \frac{0,95 \cdot 5,7 \left[\left(\frac{308}{100} \right)^4 - \left(\frac{298}{100} \right)^4 \right]}{308 - 298} = 5,95 \text{ Вт/м}^2\text{К}$$

Необхідну товщину шару ізоляції. В якості ізоляційного матеріалу вибираємо шлакову ванну з коефіцієнтом теплопровідності

$$\lambda_2 = 0,076 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$$

Поверх ізоляції товщиною δ_2 є кожух з листового заліза ($\delta_2 = 1$ мм) покритий олійною фарбою. Товщина стінки барабана

$$\delta_1 = 16 \text{ мм.}$$

Приймаємо $T_1 = T_2 = 333$ К и $T_3 = T_4 = 308$ К

Тут T_1 и T_2 – температура внутрішньої і зовнішньої сторін стінок барабана, К

T_3 и T_4 – температура стінок захисного кожуха, К

Розраховуємо за формулами теплопровідності через циліндричну стінку.

Питома тепловий потік визначається:

$$q_l = \pi d_{нар} q_{нар} = \pi d_{нар} \alpha (T_4 - T_0) \quad (5.4)$$

					6.133.21.05.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

$$q_l = 3,14 \cdot 1 \cdot 5,95(308-298) \approx 187 \text{ Вт/м}$$

За спрощеною формулою

$$q_l = \frac{\lambda_2}{\delta_2} \pi d_{\text{ср}} (T_2 - T_3) = \frac{\lambda_2}{\delta_2} \pi (d + 2\delta_1 + \delta_2) (T_1 - T_3) \quad (5.5)$$

Звідки визначаємо товщину ізоляції δ_2 :

$$187 = \frac{0,076}{\delta_2} \cdot 3,14(1 + 2 \cdot 0,016 + \delta_2)(333 - 308)$$

Отримаємо $\delta_2 = 0,034 \text{ м}$.

Приймаємо $\delta_2 = 50 \text{ мм}$.

					6.133.21.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Висновки

У бакалаврській роботі я привів основні теоретичні відомості про технологічну схему виробництва, про процес сушіння та апарат - барабанну сушарку. Сушка (висушування) - це термічний процес примусового видалення рідини з твердих, рідких речовин або їх сумішей з допомогою випаровування. Барабанні сушарки широко застосовуються для безперервного сушіння при атмосферному тиску кускових, зернистих і сипучих матеріалів (мінеральних солей, фосфоритів та інших).

2 Провів технологічні розрахунки барабанної сушарки, в результаті яких спроектував барабанну сушарку для висушування сульфату амонію нагрітим повітрям.

3 Провів розрахунки на міцність, в результаті яких розрахував основні елементи барабанної сушарки.

4 Описав монтаж та ремонт апарата.

5 Зробив опис основних вимог з охорони праці.

6 Привів список використаної літератури та інтернет ресурси при написанні роботи.

7 Привів необхідні додатки.

					6.133.21.05.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

Література

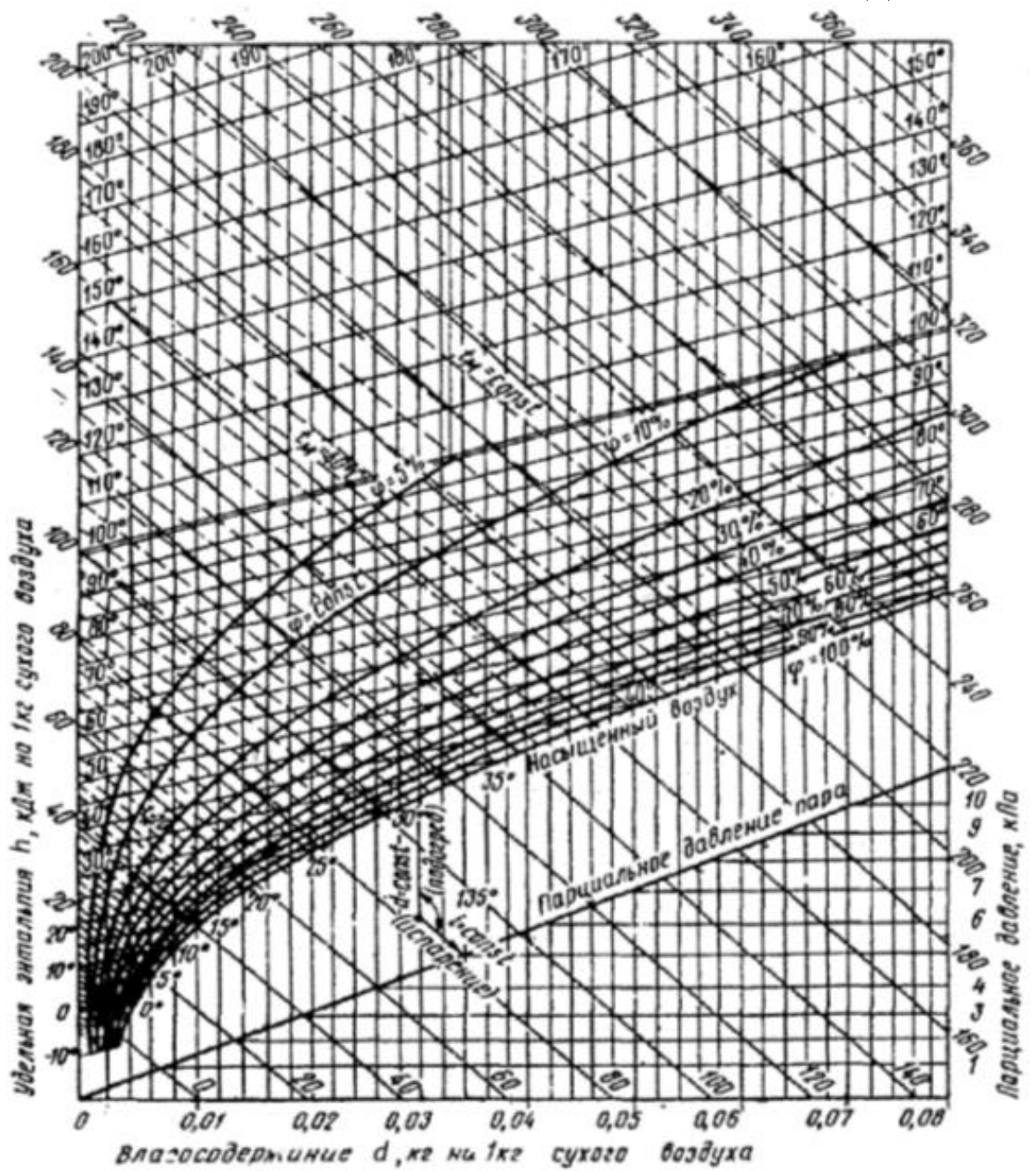
1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Альянс, 2004. – 751 с.
2. Павлов К. Ф., Романков П. Г., Носков А. А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Ленинград, Химия, 1987, 576 с.
3. Соколов В. Н. Машины и аппараты химических производств. Примеры и задачи. Ленинград, Машиностроение, 1982, 384 с.
4. Дытнерский Ю. И. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию. Москва, Химия, 1983, 272 с.
5. Джон Г. Перри. Справочник инженера – химика. Ленинград, Химия, 1969, 280 с.
6. Михалев М. Ф. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи. Ленинград, Машиностроение, 1984, 640 с.
7. Чечель П. С. Процессы и аппараты химической технологии. Киев, Высшая школа, 1974, 276 с.
8. Лащинский А. А. Конструирование сварных химических аппаратов, Справочник. Ленинград, Машиностроение, 1981, 382 с.
9. Чернобыльский И. И., Тананайко Ю. М. Сушильные установки химической промышленности. Киев, Техника, 1969, 280 с.
10. Муштаев В. И., Ульянов В. М. Сушка дисперсионных материалов. Москва, Химия, 1988, 352 с.
11. Методические рекомендации и контрольные задания для самостоятельной работы по курсу «Процессы и оборудование химических производств» часть 2
12. Врагов А.П., Михайловский М.Э. Массообменные процессы и оборудование/ Сумы: Изд-во СумГУ, 2002. – 55 с.
13. Сушильные аппараты и установки. Каталог – справочник. М.: ЦИНТИ химнефтемаш, 1975.
14. Никольского Б.Н. Справочник химика, том II / Л.: Химия, Ленингр. отделение, 1971. – 1168 с.

ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ

15. Материалы интернет-энциклопедии «Википедия».

<http://ru.wikipedia.org/wiki/>.

					6.133.21.05.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56



Діаграма Рамзіна

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

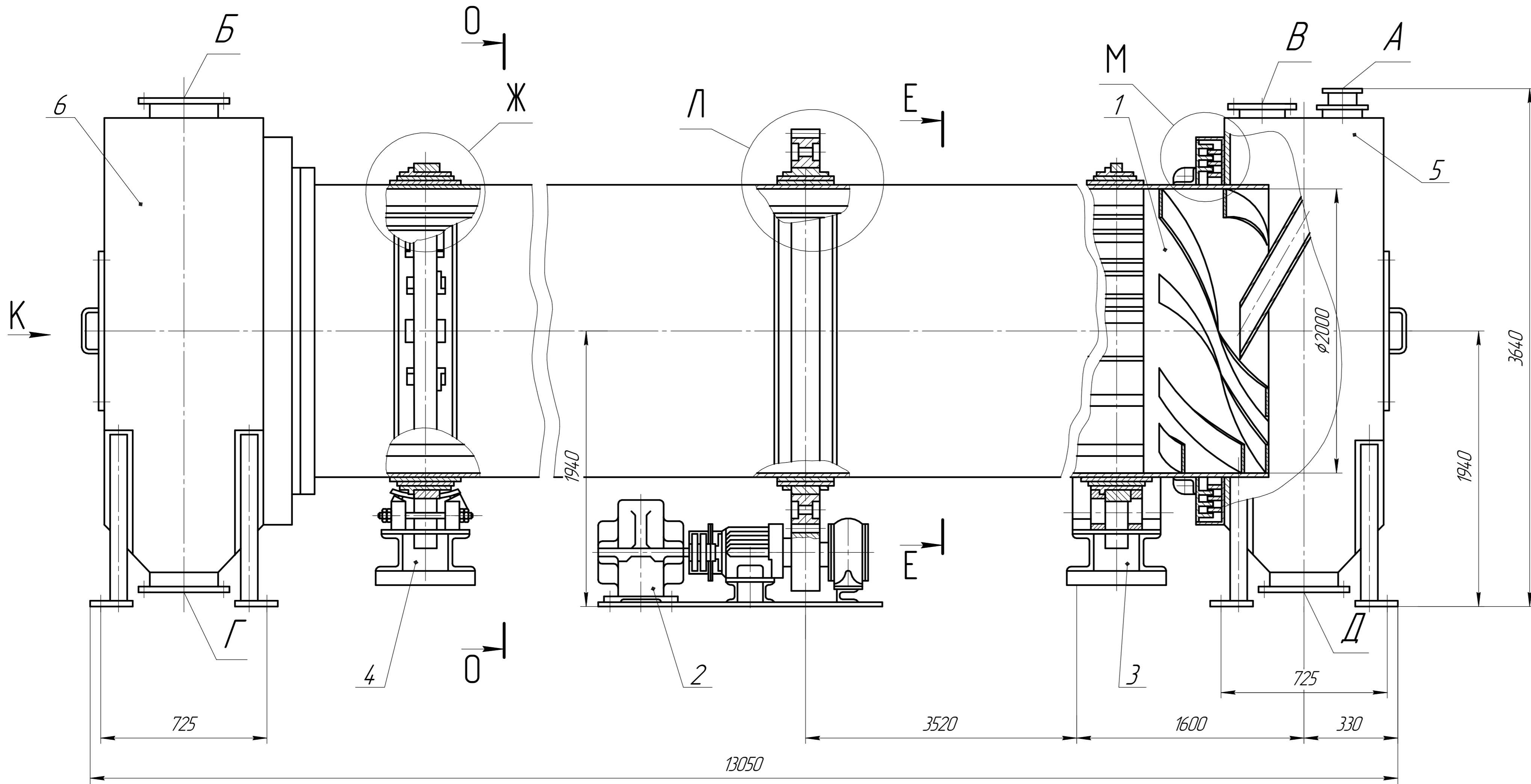


Таблица штуцеров

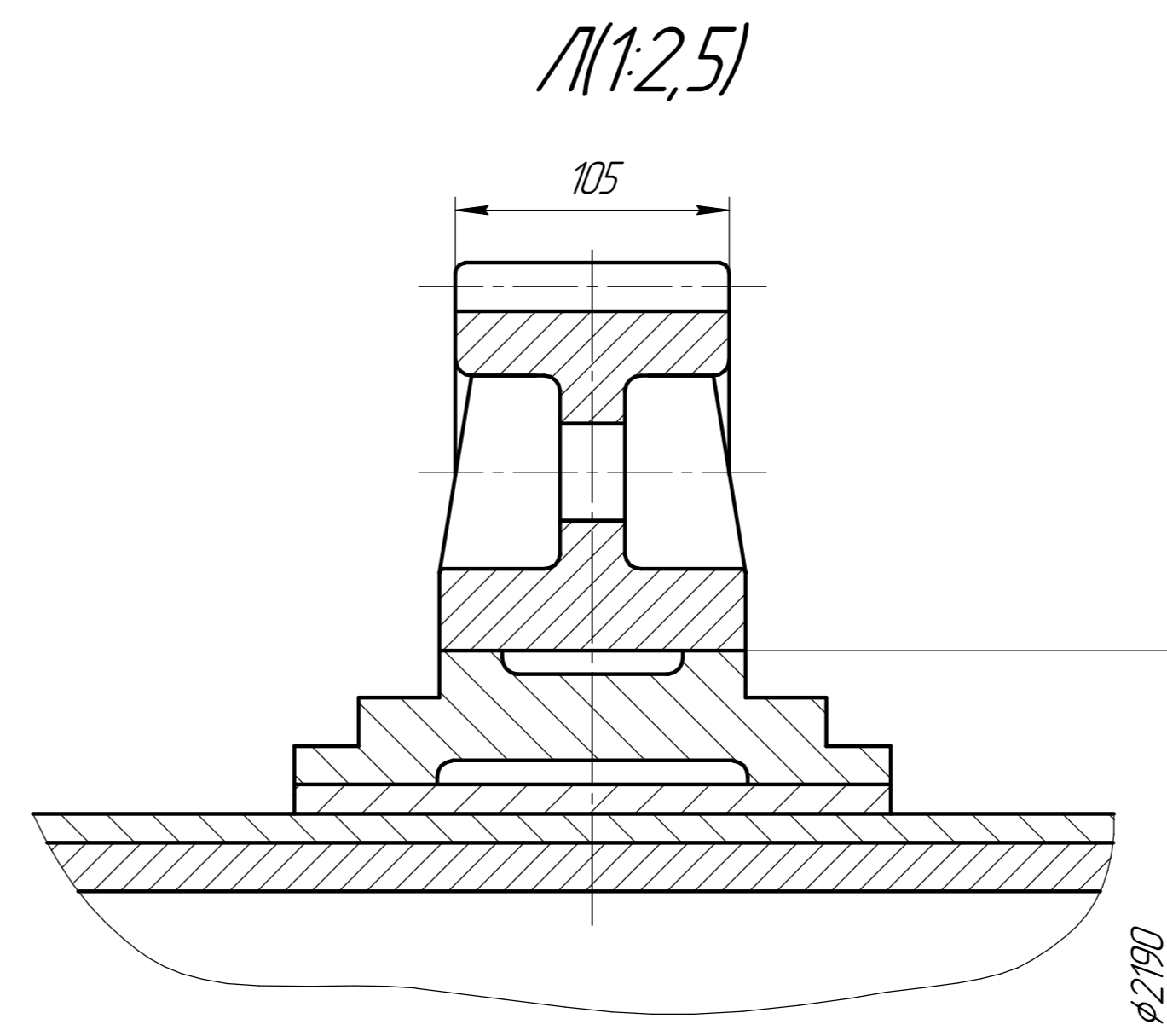
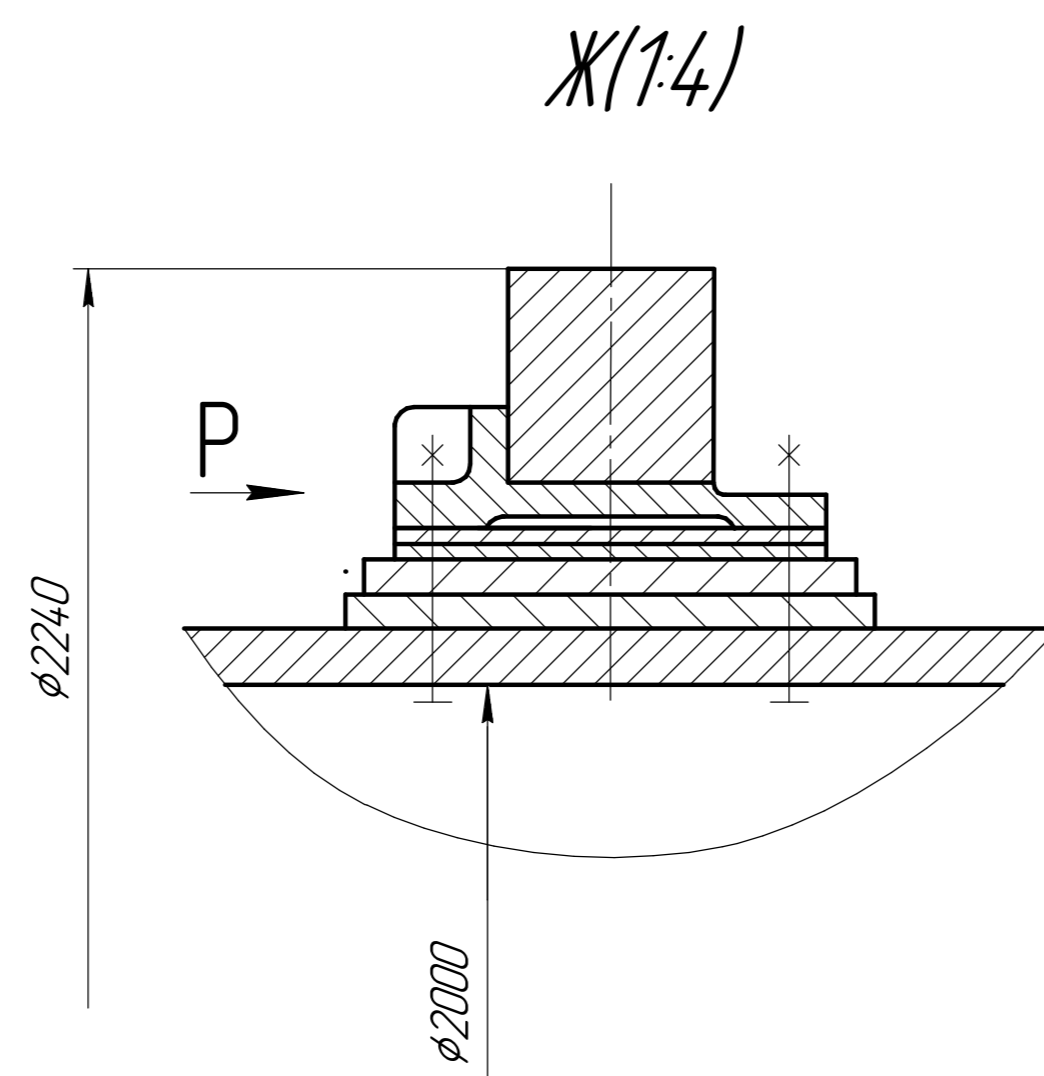
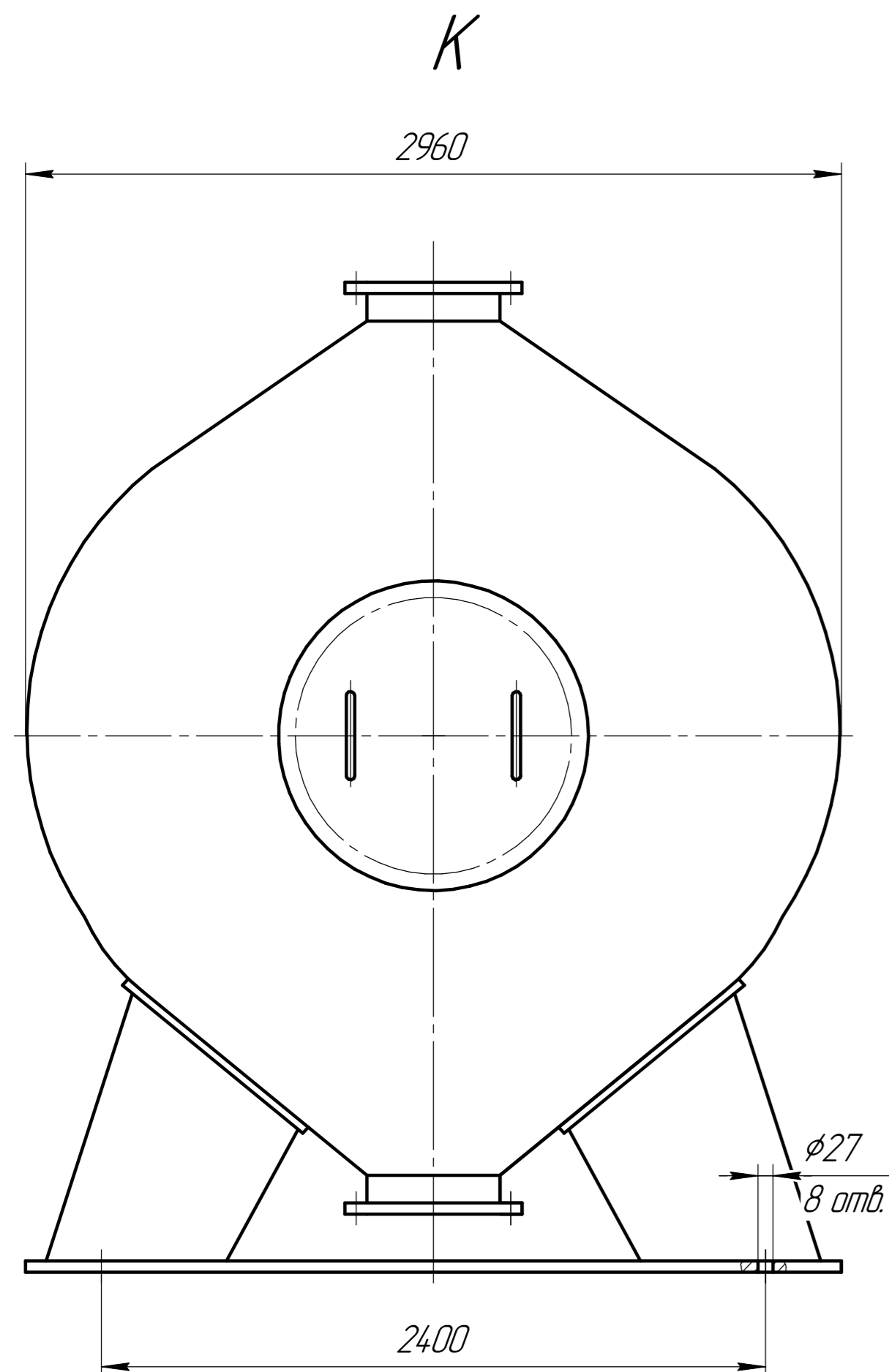
Обозн.	Наименование	Кол.	Ди, мм	Р _у МПа
А	Вход материала	1	150	0,1
Б	Вход газов	1	400	0,1
В	Выход газов	1	400	0,1
Г	Выход материала	1	200	0,1
Д	Запасной	1	350	0,1

Техническая характеристика

- 1. Высушиваемый материал: сульфат аммония
- 2. Производительность, кг/ч: 16000
- 3. Влажность, %:
 - начальная 4,8
 - конечная 0,3
- 4. Теплоноситель: топочные газы
- 5. Температура, °С:
 - t_{вх}=28
 - t_г=160
 - t_{вых}=80
- 6. Мощность привода, кВт: 27,4 кВт

Технические требования

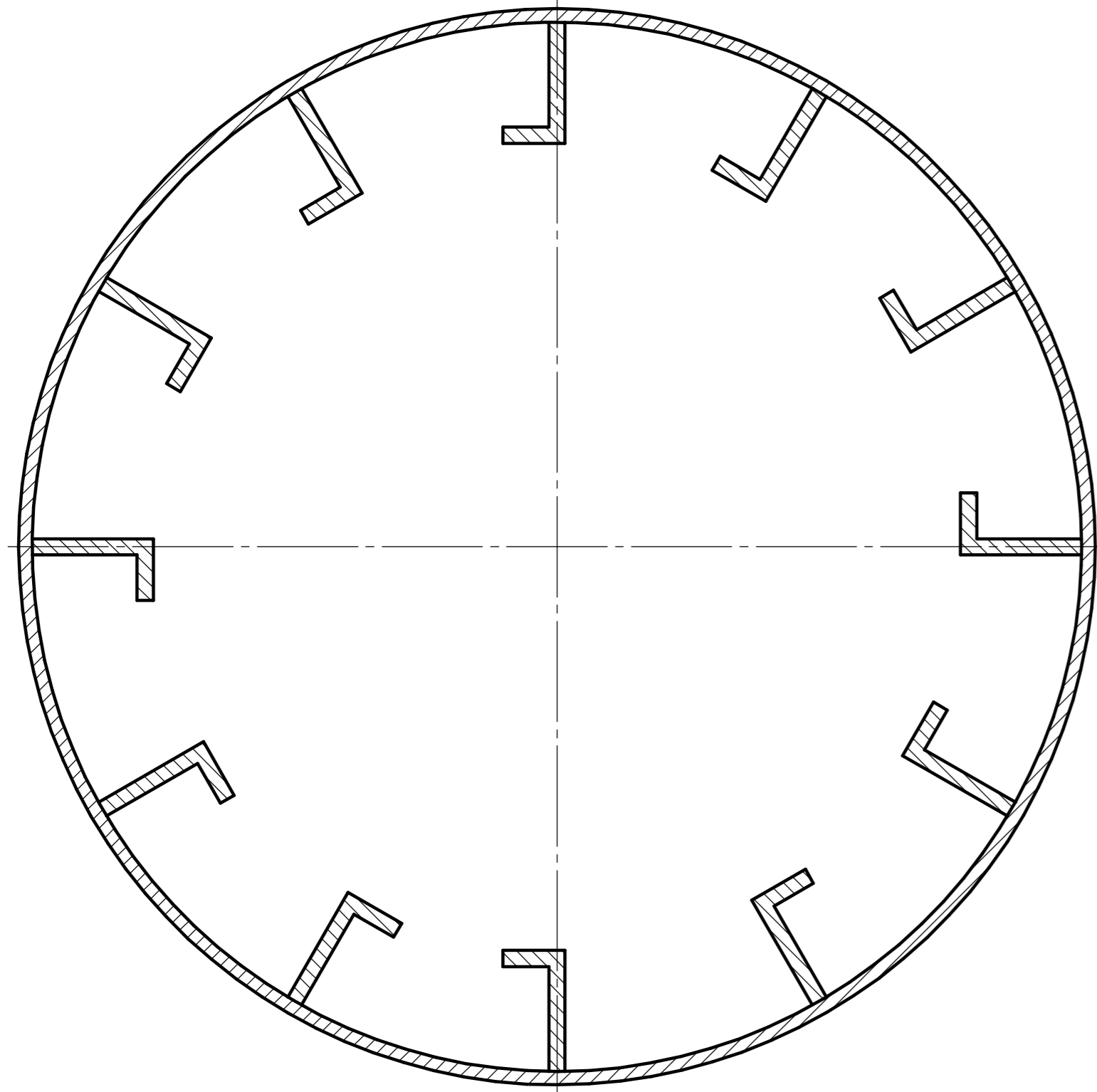
1. Изготовление аппарата производить в соответствии с нормалью: Н204-9-80 "Технические условия на изготовление вращающихся барабанов общего назначения" и МРТУ 26-01-8-77 "Аппараты с вращающимися барабанами".
2. Монтаж и обкатку вести в соответствии с инструкцией по монтажу аппаратов с вращающимися барабанами 10-380-НМ.
3. При изготовлении, испытании и поставке аппарата должны выполняться требования ГОСТ 12.2.003-74 "Оборудование производственное. Общие требования безопасности", ОСТ 26.291-78 "Сосуды и аппараты стальные сварные. Технические требования".
4. Сварные соединения должны соответствовать требованиям ОН 26-01-76-68 "Сварка в химическом машиностроении".
5. Размеры для справок.



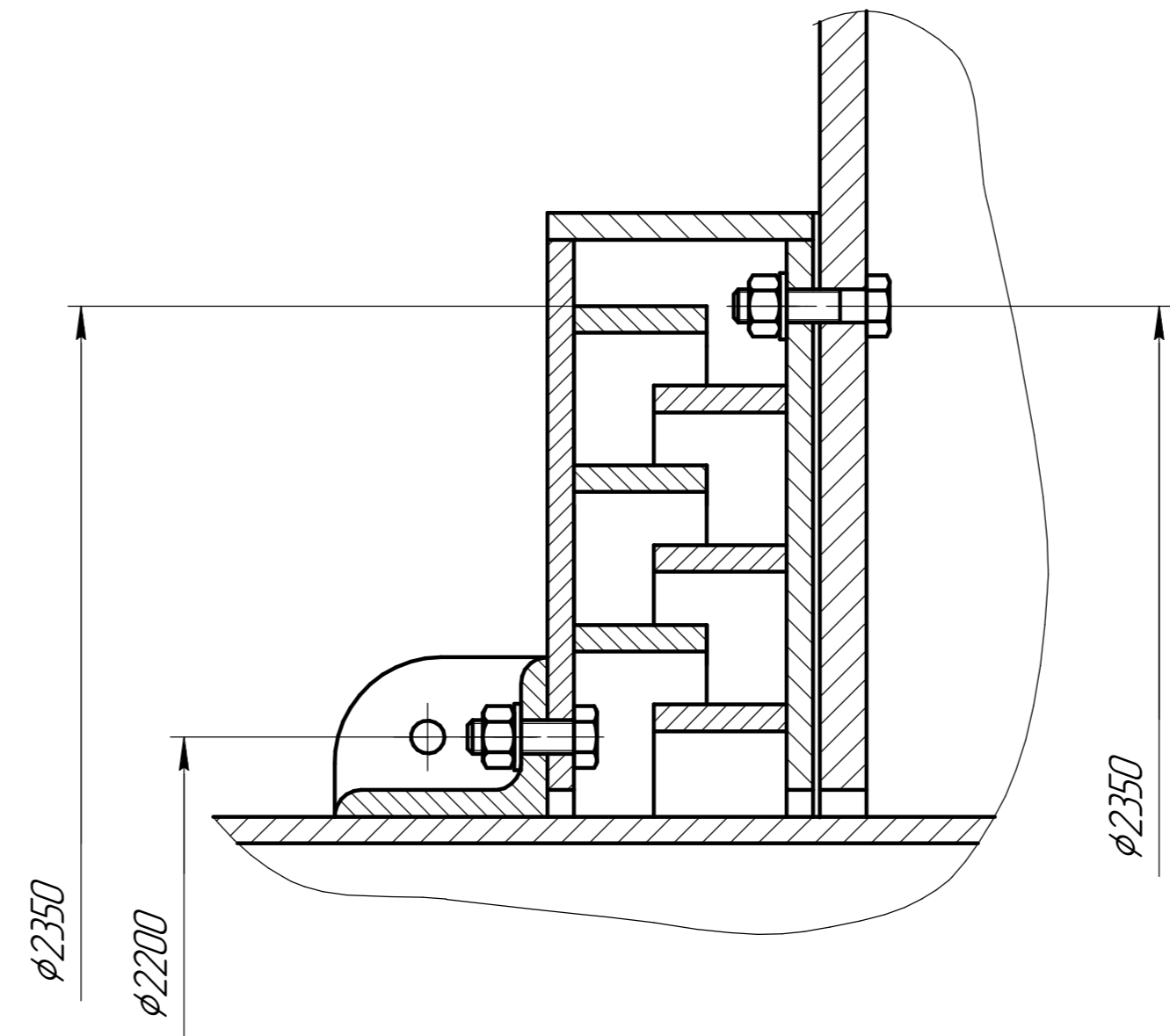
				6.133.21.05.00.00.00 СБ				
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Установка сушильная	Лист	Масса	Масштаб
					Сборочный чертеж	1		1:20
Проб.	Закисило					Лист	1	Листов
Т.контр.								
Н.контр.								
Утв.								

Копирабол
Формат А1

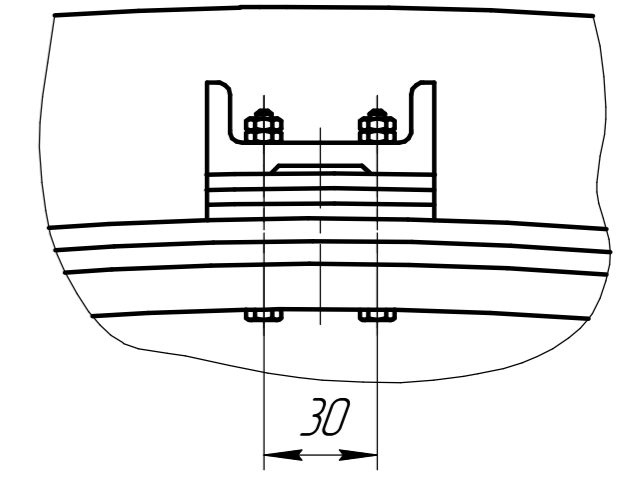
E-E(1:10)



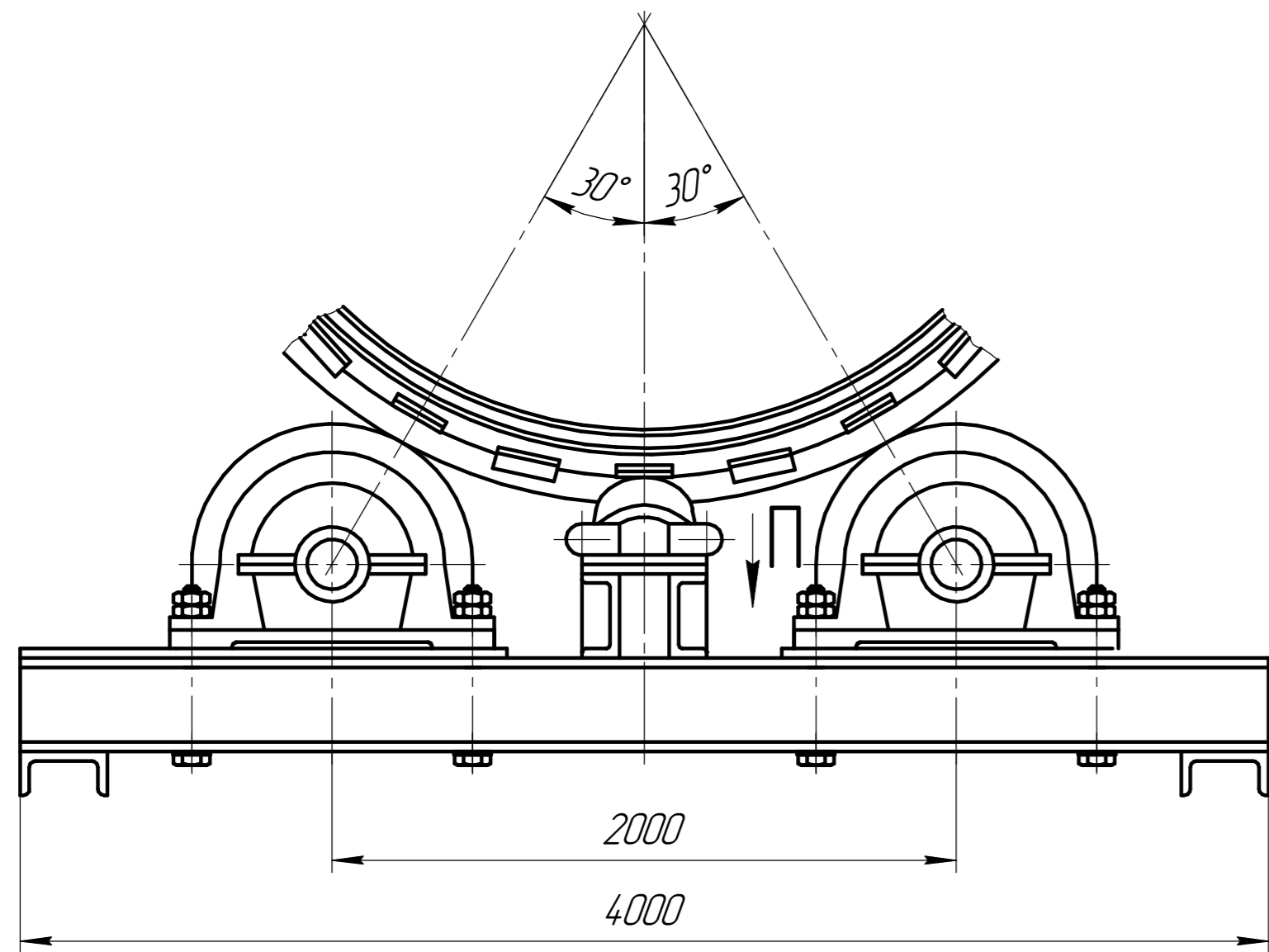
M(1:2)



P(1:2)



O-O



П(1:5)

