

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 сульфату амонію. Розробити сушарку киплячого шару сульфат амонію потужністю 3000 кг/год

Виконав студент

Васюхно М.В.

Залікова книжка:

№ _____

Захищений з оцінкою:

Керівник проекту

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: Васюхно Миколі Васильович

група ХМ-91ш-0 курс IV

1. **Тема бакалаврської роботи:** Виробництво сульфату амонію.

Розробити сушарку киплячого шару сульфат амонію потужністю 3000
кг/год

2. **Вихідні дані:** Початкова вологість 3,8%, кінцева 0,2%, розмір частнок
0,5-1,8мм початкова температура 24 градуса, кінцева 65, температура на
вході сушарку 1300 градусів, теплові втрати 10 %

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

3.1 Загальний вигляд 2хА1;

3.2 Технологічна схема А1;

3.3 Складальні креслення 2хА1.

4. Література та матеріали, які рекомендуються:

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 _____ 2023 р

7. Термін захисту бакалаврської роботи _____ Червень _____ 2023

р.

Керівник бакалаврської роботи _____

ШСумДУ 2023

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 66 с., 6 рис., 4 табл., 3 додатка, 11 джерел.

Графічні матеріали: технологічна схема установки, складальне креслення апарата, складальні креслення вузлів, креслення деталей – усього 4 листа формату А1.

Тема кваліфікаційної роботи бакалавра: «Виробництво сульфату амонію. Розробити сушарку киплячого шару сульфату амонію потужністю 3000 кг/годину».

Наведено теоретичні основи та особливості процесу сушки у виробництві сульфату амонію, виконані розрахунки матеріального і теплового балансів процесу, виконані технологічні розрахунки апарата, визначені його розміри, гідравлічний опір, обґрунтований вибір матеріалу для виготовлення апарата, розраховане і вибране допоміжне обладнання.

Розрахунками на міцність і герметичність показана надійність роботи спроектованого апарата.

Ключові слова: АПАРАТ, УСТАНОВКА, СУЛЬФАТ АМОНІЮ, СУШАРКА, КИПЛЯЧИЙ ШАР, РОЗРАХУНОК, МОНТАЖ РЕМОНТ, БЛИСКАВКОЗАХИСТ.

Вступ

Значні успіхи, досягнуті в нашій країні та за кордоном, при використанні техніки киплячого шару для цілого ряду процесів, засновані насамперед на виключно сприятливих умовах взаємодії твердих частинок і газів у псевдозріджених системах (розвинена поверхня частинок та рідинноподібна плинність шару), його ізотермічності та порівняльній простоті промислових агрегатів, що легко піддаються повній механізації та автоматизації.

Найбільш широке застосування у промисловій практиці у 60-х роках знайшли установки киплячого шару для сушіння різних матеріалів. Ця галузь інженерної техніки розвинулася надзвичайно швидко. Перші повідомлення про використання апаратів киплячого шару для сушіння з'явилися приблизно 20 років тому. У СРСР та за кордоном (головним чином, у США) існує безліч сушильних установок киплячого шару з продуктивністю одного апарату від 2 - 3 до 1000 т/год.

У техніці сушінню піддається безліч матеріалів, що відрізняються хімічним складом, дисперсністю та структурою, адгезійними властивостями та термочутливістю, вмістом та формою зв'язку вологи з матеріалом та іншими властивостями. У хімічній промисловості процеси масо- і теплоперенесення при сушінні іноді ускладнюються хімічними реакціями, що протікають одночасно.

Найбільше застосування новий прогресивний метод сушіння знайшов у хімічній, вуглебагачувальній галузях промисловості та у кольоровій металургії.

У киплячому шарі висушують різні матеріали: високовологі, комкуючі, злипаються, горючі, тонкодисперсні порошки і великі частинки з розмірами до 35 - 40 мм. В останні роки створено установки киплячого шару для зневоднення розчинів.

Основною метою проекту є розробка документації, необхідної для спорудження промислового об'єкта, що забезпечує випуск необхідної для народного господарства продукції певної якості у заданому обсязі та у встановлені терміни з найкращими техніко-економічними показниками за дотримання необхідних санітарно-гігієнічних умов праці.

					<i>ХМ-91ш 6.050503</i>	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Вибір методу сушіння.

Процес сушіння є одним із найпоширеніших у промисловості процесів; важливе місце він займає і у виробництві лікарських препаратів хіміко-фармацевтичної промисловості, причому об'єктами сушіння можуть бути різноманітні матеріали на різних стадіях їхньої переробки (сировина, напівпродукти, готові препарати). Сушіння хіміко-фармацевтичних препаратів з їх специфічних властивостей, зазвичай, виробляється штучним шляхом (в сушильних апаратах). Це складний технологічний процес, який часто є вирішальним етапом виробництва, що впливає на якість продукції, що випускається. Перевагою штучної сушки є значно менша її тривалість. У технології виробництва лікарських препаратів сушінню приділяється особлива увага, що пояснюється вимогами фармакопейної чистоти продукції, що випускається, неприпустимості її бактеріального обсіменіння.

Процес сушіння - дуже складний комплекс теплових, дифузійних, часто біологічних та хімічних явищ (особливо коли справа стосується інтенсивної сушіння). Хіміко-фармацевтичні препарати зазвичай є складними об'єктами сушіння, що характеризуються рядом показників, найважливішими з яких є початкова, кінцева і рівноважна вологість, термічні, електрофізичні, структурно-механічні та масообмінні характеристики. Незважаючи на специфічні властивості окремих хіміко-фармацевтичних препаратів, можна відзначити і деякі загальні характеристики їх як об'єктів сушіння. Одним з основних факторів, що визначають їх властивості, є волога, енергія зв'язку якої з твердим кістятком матеріалу дозволяє класифікувати матеріали як об'єкти сушіння.

Характерними структурно-механічними властивостями вологих дисперсних матеріалів є гранулометричний склад (великість частинок), насипна, здається і справжня щільності, порізність нерухомого шару, коефіцієнт динамічного ущільнення та деякі інші.

Знання цих властивостей необхідне правильного вибору конструкції сушильних установок, оптимальних режимів їх роботи, розробки методик розрахунку аеродинамічних і теплових процесів у сушарках, і навіть для конструктивних розрахунків устаткування інших технологічних процесів, зокрема пресування гранульованих порошків таблетки.

					<i>ХМ-91ш 6.050503</i>	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Сушіння та киплячий шар

За своєю фізичною сутністю сушіння є складним дифузійним процесом, швидкість якого визначається швидкістю дифузії вологи з глибини матеріалу, що висушується в навколишнє середовище. Як буде показано нижче, видалення вологи при сушінні зводиться до переміщення тепла та речовини (вологи) усередині матеріалу та їх перенесення з поверхні матеріалу в навколишнє середовище. Таким чином, процес сушіння є поєднанням пов'язаних один з одним процесів тепло- та масообміну (вологообміну). За способом підведення тепла до матеріалу, що висушується, розрізняють наступні види сушіння:

1) конвективна сушіння - шляхом безпосереднього зіткнення матеріалу, що висушується з сушильним агентом, в якості якого зазвичай використовують нагріте повітря або топкові гази (як правило, в суміші з повітрям);

2) контактна сушка - шляхом передачі тепла від теплоносія до матеріалу через стінку, що розділяє їх;

3) радіаційне сушіння - шляхом передачі тепла інфрачервоними променями.

4) діелектричне сушіння - шляхом нагрівання в полі струмів високої частоти.

5) сублимаційне сушіння - сушіння в замороженому стані при глибокому вакуумі. За способом передачі тепла цей вид сушіння аналогічний контактної, але своєрідність процесу змушує сушіння сублимації виділяти в особливу групу.

Останні три види сушіння застосовують відносно рідко і зазвичай називаються спеціальними видами сушіння.

Висушуваний матеріал за будь-якого методу сушіння знаходиться в контакт з вологим газом (у більшості випадків повітрям). При конвективному сушінні вологому газу (що є сушильним агентом) належить основна роль у процесі. Тому вивчення властивостей вологого газу необхідне при розгляді процесів сушіння та їх розрахунках.

Киплячий шар (псевдозріджений шар) - стан шару зернистого сипучого матеріалу, при якому під впливом потоку газу, що проходить через нього, або рідини (зріджують агентів) частинки твердого матеріалу інтенсивно переміщуються одна щодо іншої. У цьому стані шар нагадує киплячу рідину, набуваючи деяких її властивостей, і його поведінка підпорядковується законам гідростатики. У киплячому шарі досягається тісний контакт між зернистим матеріалом і зріджуючим агентом, що робить ефективним застосування киплячого шару в апаратах хімічної промисловості, де необхідна взаємодія твердої та плинної фаз (дифузійні, каталітичні процеси та ін.).

										Арк.
										5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ХМ-91ш 6.050503

1.3 Класифікація сушарок із киплячим шаром

Апарати з псевдозрідженим шаром матеріалу набули широкого поширення в хімічній та інших галузях промисловості. Вони відрізняються великою різноманітністю як по конструкції, так і по гідродинамічних і теплових режимах роботи. Їх можна класифікувати так:

1. за кількістю зон: однокамерні
багатокамерні;
2. за характером руху матеріалу:
із спрямованим
ненаправленим
рухом від місця завантаження матеріалу до місця його розвантаження;
3. з використання теплосіа: одноразове
багаторазове;
4. по конфігурації сушильної камери: круглі,
прямокутні і т.д.

1.4 Переваги та недоліки сушарок з киплячим шаром.

Переваги сушарок з киплячим шаром:

1. Висока інтенсивність сушіння;
2. можливість сушіння при високих температурах, які можуть перевищувати допустимі для даного матеріалу, внаслідок короткочасності зіткнення з сушильним агентом;
3. високий рівень використання тепла сушильного агента;
4. можливість автоматичного регулювання параметрів процесу.
5. майже однакова по всьому об'єму температура "киплячого" шару;
6. можливість регулювання часу перебування матеріалу в сушарці (від кількох десятків хвилин)

Недоліки таких сушарок:

1. непридатність для сушіння матеріалів, що погано піддаються псевдозрідженню (наприклад з високою вологістю, з великими розмірами частинок);

									Арк.
									6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ХМ-91ш 6.050503				

2. високий гідравлічний опір;

3. стирання та значний винесення твердих частинок.

4. Проблема управління процесом – надмірне збільшення витрати вологого матеріалу чи зниження температури сушильного агента призводить до злипання матеріалу, утворення застійних зон в апараті, що перешкоджають проходженню газу та підвищенню гідравлічного опору сушильного агрегату.

5. Апарати киплячого шару важко масштабуються - найбільш ефективно працюють сушарки невеликого розміру, великі сушарки вимагають секціонування для рівномірного розподілу матеріалу на решітці.

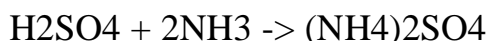
1.5 Застосування сушарок із киплячим шаром.

Сушарки з киплячим шаром є одним із прогресивних типів апаратів для сушіння. Процес у киплячому шарі дозволяє значно збільшити поверхню контакту між частинками матеріалу та сушильним агентом, інтенсифікувати випаровування вологи з матеріалу. Сушарки з киплячим шаром в даний час успішно застосовують в хімічній технології не тільки для сушіння сильносіпучих зернистих матеріалів (наприклад, мінеральних і органічних солей), але і матеріалів, схильних до комкування, наприклад для сульфату амонію, полівінілхлориду, поліетилену та деяких інших полімерів, а також пастоподібних матеріалів (пігментів, анілінових барвників), розчинів, розплавів та суспензій.

1.6 Матеріал який висушується.

Сульфат амонію - це білий кристалічний порошок, хімічна формула якого $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Він широко використовується в промисловості та сільському господарстві як джерело азоту та сірки.

Сульфат амонію виробляють шляхом реакції сірчаної кислоти з аміаком:



Це екзотермічна реакція, яка відбувається за високих температур і потребує охолодження, щоб запобігти руйнуванню продукту.

Сульфат амонію може бути використаний як добриво для рослин, оскільки він містить азот і сірку, два важливих поживних елементи для рослинного росту. Він також використовується у виробництві паперу, текстилю, шкіри, пластмас, гуми та інших промислових продуктів. Крім того, сульфат амонію використовується у виробництві білкових поживних середовищ для мікробіологічних і біохімічних досліджень.

										Арк.
										7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ХМ-91ш 6.050503

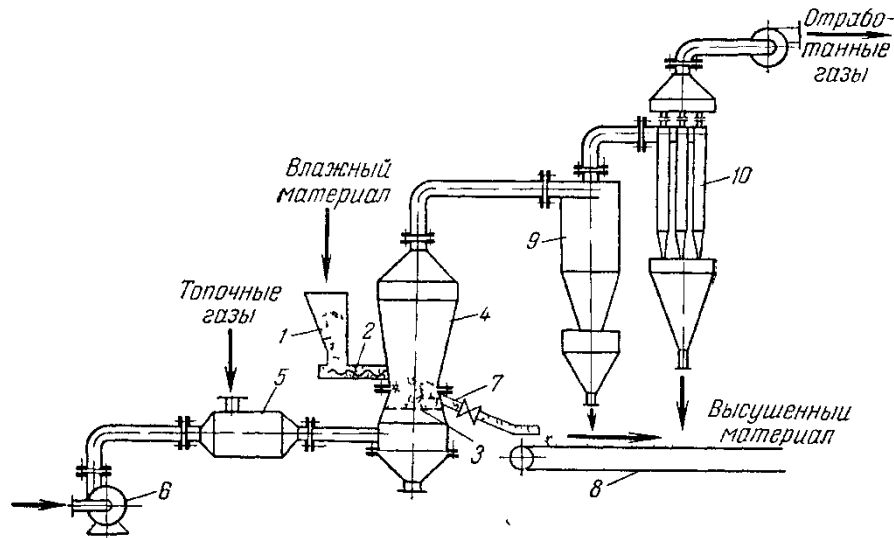
Сульфат амонію має високий ступінь розчинності у воді, що робить його легко доступним для рослинних коренів. Однак його використання може призвести до кислотифікації ґрунту і негативно вплинути на якість ґрунту та рослинний ріст у довгостроковій перспективі.

Таким чином, використання сульфату амонію має бути здійснено з обережністю та з урахуванням місцевих умов ґрунту і рослинності.

					<i>ХМ-91ш 6.050503</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>8</i>

2. Опис конструкції апарату та принцип роботи

Сушарки з киплячим (псевдозрідженим) шаром є одним із прогресивних типів апарату для сушіння. Процес у киплячому шарі дозволяє значно збільшити поверхню контакту між частинками матеріалу та сушильним агентом, інтенсифікувати випаровування вологи з матеріалу та скоротити тривалість сушіння до декількох хвилин. Сушарки з киплячим шаром успішно застосовуються в хімічній технології для сушіння сильно сипких зернистих матеріалів (мінеральні та органічні солі), матеріалів, схильних до комкування (сульфат амонію, поліетилен і т.д.), пастоподібних матеріалів (анілінові барвники), розчинів, розплавів та суспензій .



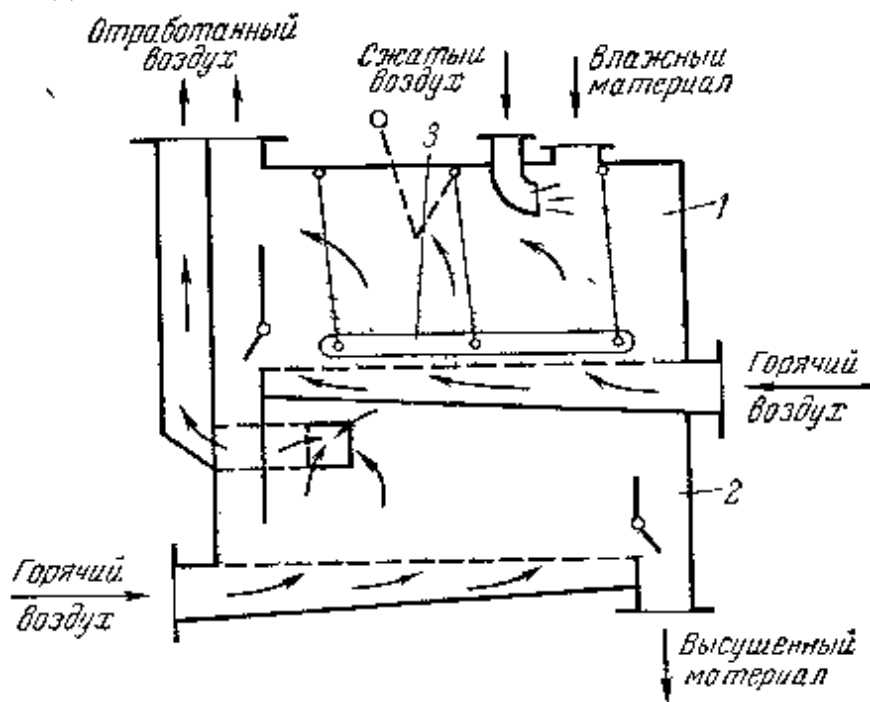
Найбільш поширені однокамерні сушарки безперервної дії. Висушуваний матеріал подається з бункера 1 живильником 2 шар матеріалу, «киплячого» на газорозподільній решітці 3 в камері 4 сушарки. Сушильний агент - гаряче повітря або топкові гази, розведені повітрям, який подається в змішувальну камеру 5 вентилятором 6, проходить із заданою швидкістю через отвори решітки 3 і підтримує на ній матеріал в киплячому (псевдозрідженому) стані. Висушений матеріал зсипається через штуцер 7 трохи вище решітки 3 і видаляється транспортером 8. Відпрацьовані гази очищаються від віднесеного пилю в циклоні 9 і батарейному пиловловлювачі 10, після чого викидаються в атмосферу.

У сушарках такого типу з циліндричним корпусом спостерігається значна нерівномірність сушіння, обумовлена тим, що при інтенсивному перемішуванні в шарі час перебування окремих частинок істотно відрізняється від середньої величини. Тому застосовують сушарки з перерізом, що розширюється догори, наприклад конічним. Швидкість газу внизу камери повинна перевищувати швидкість осадження найбільших частинок, а вгорі – бути меншою за швидкість осадження найдрібніших частинок. При такій формі камери досягається організована циркуляція твердих частинок, які піднімаються в центрі, і опускаються у вигляді менш розрідженої фази біля периферії апарату. Завдяки зниженню швидкості газу в міру їхнього підйому покращується розподіл часток по крупності та зменшується винесення пилю.

											Арк.
											9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ХМ-91ш 6.050503						

Це, своєю чергою, підвищує рівномірність нагріву, знижує температуру нагрівання частинок і дозволяє зменшити висоту камери.

Багатокамерні сушарки складаються з двох і більше камер, через які послідовно рухається матеріал, що висушується. Камери розташовуються або поряд або одна над іншою.



У двокамерній сушарці НДХіммашу, що застосовується для висушування полімерних матеріалів, гаряче повітря з великою швидкістю (60 – 70 м/с) подається через отвори решітки, розташованої в нижній частині кожної камери. Матеріал надходить у верхню камеру 1, підсушується в ній і пересипається в нижню камеру 2, з якої видаляється висушений матеріал. Повітря подається в кожну камеру окремо і відводиться з камер до загального колектора для очищення від пилу, після чого викидається в атмосферу. Над решіткою верхньої камери встановлений механічний розпушувач 3 для висушеного матеріалу, що комкується.

Багатокамерні сушарки складніші по конструкції та в обслуговуванні, ніж однокамерні, вимагають великих питомих витрат сушильного агента та електроенергії. Крім того, процес у них складніше піддається автоматизації. Застосування багатокамерних сушарок доцільно лише для матеріалів зі значним опором внутрішньої дифузії вологи, що вимагають тривалого сушіння, а також для матеріалів, що потребують регулювання температурного режиму сушіння, щоб уникнути перегріву. У них зручно поєднувати процеси сушіння та охолодження матеріалу.

Для матеріалів, мало чутливих до нагрівання, застосовують двох і трьох секційні ступінчасто-протиточкові сушарки з киплячим шаром. За рахунок протитечії матеріалу і сушильного агента досягається вищий ступінь насичення газу вологою, але висушений матеріал стикається з найбільш гарячим теплоносієм, Для регулювання температури нагріву шар матеріалу в

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

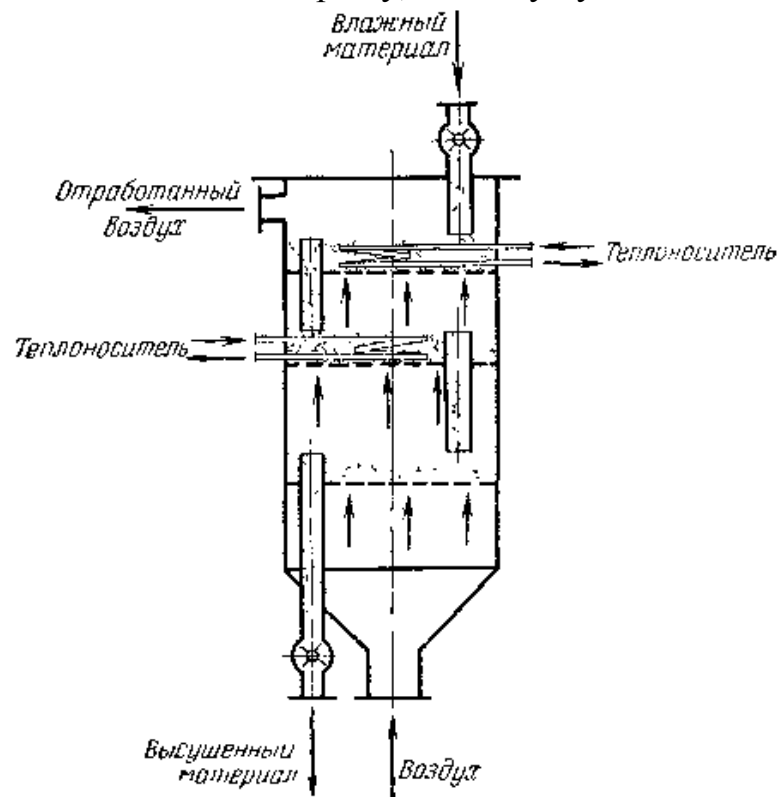
ХМ-91ш 6.050503

Арк.

10

секціях поміщають змійовики. У таких сушарках вивантаження висушеного матеріалу проводиться над шаром через переточні патрубки.

Щоб уникнути надмірного збільшення гідралічного опору, висоту киплячого шару в сушарках безперервної дії підтримують в межах 400 - 700 мм залежно від властивостей матеріалу, що висушується.



Для сушіння невеликих кількостей різних продуктів застосовують періодично діючі сушарки з шаром, що «кипить». У цих апаратах ефективно використовують подачу сушильного агента імпульсами, що викликають короткочасне псевдозрідження матеріалу. Так рівномірно сушать матеріали, схильні до злипання, кристалічні матеріали без значного стирання частинок.

У певних умовах значення напруги сушарки по волозі при сушінні деяких продуктів у промислових безперервно діючих сушарках з «киплячим» шаром досягають 1250 кг/(м³ год). При раціональному апаратурному оформленні процесу досягається сушіння з високим вологозніманням з одиниці об'єму сушильної камери, тому сушарки з «киплячим» шаром витісняють барабанні та інші менш ефективні.

Сушарки псевдозрідженого шару (киплячого, фонтануючого) можна розділити на дві групи: одно-і багатосекційні.

Односекційні апарати найбільш прості в конструктивному та експлуатаційному відношенні та поширені як у нашій країні, так і за кордоном. Нерівномірність сушіння більшості матеріалів немає істотного значення, оскільки за складуванні вологість вирівнюється. Крім того, при спрямованому русі матеріалу (відношення довжини апарата до його ширини більше 2) нерівномірність сушіння може бути зменшена.

					<i>XM-91ш 6.050503</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

В однокамерних апаратах круглого або прямокутного перерізу (відношення довжини до ширини менше 2) зазвичай видаляють поверхневу вологу, тому питома вологосійомка, залежно від параметрів теплоносія, може доходити до 1000 кг і більше з 1 м² решітки газорозподільної. Такі апарати застосовують для видалення поверхневої вологи з сипучих матеріалів, а також для зневоднення паст, розчинів та суспензій. Однокамерні апарати працюють зазвичай при високих швидкостях теплоносія (число псевдозрідження досягає 10), оскільки інтенсивність процесу визначається швидкістю підведення тепла.

Для підвищення рівномірності сушіння застосовують багатосекційні сушарки. Розрізняють сушарки перехресного струму з послідовним рухом матеріалу та подачею свіжого теплоносія в кожную секцію та ступінчасто-протиточні, в яких матеріал та теплоносій рухаються назустріч один одному.

У сушарках перехресного струму секціонування здійснюють за допомогою вертикальних перегородок, розташованих або тільки в шарі, або розділяють і сепараційний простір. У деяких випадках кожна або кілька секцій є окремим апаратом; іноді секції, щоб заощадити площу, поміщають одну над іншою. Багатосекційні апарати такого типу застосовують для висушування матеріалів, що містять пов'язану вологу, видалення якої вимагає тривалого часу, а також термочутливих матеріалів. В останньому випадку можна знижувати температуру сушильного агента за довжиною апарату, щоб не допустити перегрівання продукту в кінці сушіння. Іноді останні секції використовують для охолодження продукту. Секціоновані сушарки, у яких відбувається видалення пов'язаної вологи, працюють із низькими числами псевдозрідження і, отже, при невисокій порозності шару ($e = 0,55-0,65$).

У ступінчасто-протиточних сушарках вологий матеріал подається у верхню секцію і виводиться знизу, тоді як гарячі гази надходять протитечією в нижню частину і виводяться зверху. Матеріал рухається за допомогою переточних патрубків або через отвори провальних ґрат.

У промисловій практиці для глибокого висушування сипких матеріалів з розвиненою внутрішньою структурою, нечутливих до нагрівання (наприклад, для десорбції) доцільно застосовувати дво- та трисекційні сушарки. У сушарках цього типу вдається повністю висушити матеріал, досягти високого насичення теплоносія, що відходить, звести до мінімуму винесення пилу. Такі апарати можна використовувати як другий ступінь і для термочутливих матеріалів, коли видаляється невелика кількість вологи, але необхідно тривалий час перебування в зоні сушіння та висока однорідність матеріалу по вологості.

Сушарки псевдозрідженого шару поділяються на апарати з розширюється або практично постійним по висоті перерізом (круглим або прямокутним).

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

XМ-91ш 6.050503

В апаратах з шаром постійного по висоті перерізу різниця у швидкостях псевдозріджувального агента внизу та вгорі шару обумовлена різницею температур Газа. При високих температурах теплоносія, що надходить, відношення цих швидкостей може досягати 3-4 (швидкості віднесені до повного перерізу апарату), що дозволяє забезпечити «кипіння» частинок, що відрізняються за фракційним складом. Широко застосовуються також сушарки з шаром, що фонтанує, в яких забезпечується більш активний гідродинамічний режим.

У сушарках цього з циліндричним корпусом спостерігається значна нерівномірність сушіння, обумовлена тим, що з інтенсивному перемішуванні в шарі час перебування окремих частинок істотно відрізняється від середнього значення. Тому застосовують сушарки з перерізом, що розширюється догори, наприклад конічним.

Швидкість газу внизу камери повинна перевищувати швидкість осадження найбільших частинок, а вгорі бути менше швидкості осадження найдрібніших частинок. При такій формі камери досягається організована циркуляція твердих частинок, які піднімаються в центрі і опускаються (у вигляді менш розрідженої фази) біля периферії апарату. Завдяки зниженню швидкості газів у міру їхнього підйому покращується розподіл часток по крупності та зменшується винесення пилу. Це, у свою чергу, підвищує рівномірність нагріву (дрібніші частинки, що піднімаються вище, знаходяться в області нижчих температур) і дозволяє зменшити висоту камери.

					<i>ХМ-91ш 6.050503</i>	Арк.
						13
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

4. Технологічний розрахунок сушарки.

Вихідні дані до розрахунку.

Початкові дані

Продуктивність за вихідним матеріалом

$$G_1 = 3000 \text{ кг/ч};$$

Вологість матеріалу:

Початкова

$$u_1 = 3,8\%;$$

Кінцева

$$u_2 = 0,2\%;$$

Температура теплоносія, °С:

На вході у сушарку

$$t_1 = 135^\circ\text{C};$$

На виході із сушарки

$$t_2 = 65^\circ\text{C};$$

Температура шару

$$\Theta_{\text{сл}} = 85^\circ\text{C};$$

Температура матеріалу:

Вступника

$$\Theta_1 = 24^\circ\text{C};$$

Відходить

$$\Theta_2 = 65^\circ\text{C};$$

Вологовміст теплоносія, що надходить

калорифер для СпБ при вологості повітря $\phi_0 = 90\%$

та температурі -20°C

$$x_0 = 0,00188;$$

Теплоємність висушеного матеріалу

$$c_m = 0,88 \text{ кДж/кг}\cdot\text{K}$$

Щільність матеріалу

$$\rho_m = 1766 \text{ кг/м}^3$$

4.1 Матеріальний розрахунок сушарки.

1.1 Продуктивність за висушеним матеріалом:

$$G_2 = \frac{100 - u_1}{100 - u_2} \cdot G_1 = \frac{100 - 3,8}{100 - 0,2} \cdot G_1 = 2891,78 \frac{\text{кг}}{\text{ч}},$$

1.2 Кількість вологи, що випаровується:

$$W = G_1 - G_2 = 3000 - 2891,78 = 108,32 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}.$$

4.2 Тепловий розрахунок сушарки.

Витрата теплоти на сушіння:

2.1 Ентальпія повітря, що виходить із калорифера:

$$i_1 = (1,0 + 1,96 \cdot x_0) \cdot t_1 + 2480 \cdot x_0 = (1,0 + 1,96 \cdot 0,00188) \cdot 135 + 2480 \cdot 0,00188 = 140,15 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}},$$

2.2 Ентальпія повітря, що надходить у калорифер:

$$i_0 = (1,0 + 1,96 \cdot x_0) \cdot t_0 + 2480 \cdot x_0 = (1,0 + 1,96 \cdot 0,00188) \cdot (-20) + 2480 \cdot 0,00188 = -15,411 \frac{\text{кДж}}{\text{кг сух воздуха}},$$

2.3 Теплові втрати в сушарці, віднесені до 1 кг вологи, що випаровується:

$$\Delta = q_m + q_{\text{пот}} - c_{\text{возд}} \cdot \theta_1$$

де q_m - тепло, що втрачається з висушеним матеріалом при нагріванні від Θ_1 до Θ_2

										Арк.
										14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ХМ-91ш 6.050503					

$$q_M = \frac{G_2 \cdot c_M}{W} \cdot (\theta_2 - \theta_1) = \frac{2891,78 \cdot 0,88}{108,32} \cdot (65 - 24) = 963,21 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}},$$

$q_{\text{пот}}$ — втрати теплоти у навколишнє середовище, що приймаються рівними 10% від витрати теплоти на нагрівання матеріалу та повітря до 60 °С

$$\begin{aligned} q_{\text{пот}} &= 0,1(2480 + 1,96 \cdot \theta_2 + q_M - 4,19 \cdot \theta_1) = \\ &= 0,1(2480 + 1,96 \cdot 65 + 963,21 - 4,19 \cdot 24) = 347 \frac{\text{кДж}}{\text{кг вологи}}, \end{aligned}$$

Тоді

$$\Delta = 963,21 + 347 - 4,2 \cdot 24 = 1209,41 \frac{\text{кДж}}{\text{кг вологи}}.$$

Параметри повітря, що залишає сушарку:

2.4 Абсолютний вміст вологи x_2 визначаємо із системи рівнянь

$$A = \frac{i_1 - i_2}{x_2 - x_0}$$

$$i_2 = (1,0 + 1,96 \cdot x_2) \cdot t_2 + 2480 \cdot x_2$$

з якої маємо:

$$\begin{aligned} x_2 &= \frac{i_1 - x_0 \cdot \Delta - 1,0 \cdot t_2}{\Delta + 1,96 \cdot t_2 + 2480} = \\ &= \frac{140,15 - 0,00188 \cdot 1209,41 - 1,0 \cdot 65}{1209,41 + 1,96 \cdot 65 + 2480} = 0,019 \frac{\text{кг}}{\text{кг сух возд}}, \end{aligned}$$

Отже,

$$i_2 = (1,0 + 1,96 \cdot 0,019) \cdot 65 + 2480 \cdot 0,019 = 114,54 \frac{\text{кДж}}{\text{кг сух возд}}.$$

2.5 Питома витрата теплоти:

$$q = \frac{i_1 - i_2}{x_2 - x_0} = \frac{140,15 - 114,54}{0,019 - 0,00188} = 1495,91 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}},$$

2.6 Загальна витрата теплоти:

$$Q_{\text{общ}} = Wq = 1495,91 \cdot \frac{108,32}{3600} = 45 \text{ кВт}.$$

2.7 Параметри повітря, що йде, загальна і питома його витрата

А) Питома витрата:

$$G_{\text{уд}} = \frac{1}{x_2 - x_0} = \frac{1}{0,019 - 0,00188} = 58,41 \frac{\text{кг}}{\text{кг вологи}},$$

Б) Загальна витрата:

$$G = G_{\text{уд}} \cdot W = 108,32 \cdot 58,41 = 6326,97 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}.$$

В) Відносна вологість повітря, що минає:

$$\varphi_2 = \frac{x_2 \cdot P}{p_{\text{нас}}(x_2 + 0,622)} = \frac{0,019 \cdot 760}{299(0,019 + 0,622)} = 6,96\%.$$

де, $P_{\text{нас}}$ — тиск насиченої пари,

					ХМ-91ш 6.050503	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

П- атмосферний тиск.

Г) Об'єм вологого повітря на виході із сушарки (при $t_2 = 65$ °С и $\varphi_2 = 7\%$):

$$V = G \cdot \frac{R_r \cdot (T_0 + t_2)}{10000 \cdot (1 - \varphi_2)} = 6326 \cdot \frac{29,27 \cdot (273 + 65)}{10000 \cdot (1 - 0,07)} = 6729,54 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

(при цьому не враховано підсмоктування повітря через завантажувальний та розвантажувальний отвори та через нещільність).

4.3 Гідродинамічний розрахунок сушарки.

3.1 Властивості повітря на виході із сушарки.

Середня щільність повітря

$$\rho_{\text{ср}} = \rho_0 \cdot \frac{T_0}{T_0 + t_{\text{ср}}} = 1766 \cdot \frac{273}{273 + 47,5} = 1,504 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

де

ρ_0 - щільність повітря за нормальних умов (0 °С, 760 мм. рт. ст.),

$\rho_0 = 1,766 \text{ кг/м}^3$;

T_0 - температура нормальних умов,

$T_0 = 273 \text{ К}$;

Щільність парів

$$\rho_{\text{п}} = \rho_{\text{п0}} \cdot \frac{T_0}{T_0 + t_{\text{ср}}} = 0,803 \cdot \frac{273}{273 + 47,5} = 0,684 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

де

$\rho_{\text{п0}}$ - щільність повітря за нормальних умов (0 °С, 760 мм. рт. ст.),

$\rho_{\text{п0}} = 0,803 \text{ кг/м}^3$;

В'язкість повітря на виході з сушарки при 65 °С:

$$\begin{aligned} \mu_t &= \mu_0 \cdot \frac{273 + C}{t_2 + C} \cdot \left(\frac{t_2}{273}\right)^{3/2} = \\ &= 17,3 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{273 + 124}{313 + 124} \cdot \left(\frac{313}{273}\right)^{3/2} = 19,27 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}. \end{aligned}$$

де

$\mu_0 = 17,3 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$ – в'язкість повітря при 0° С,

$C = 124$ – допоміжний коефіцієнт.

Кінематична в'язкість повітря:

$$\nu_t = \frac{\mu_t}{\rho_t} = \frac{19,27 \cdot 10^{-6}}{1,101} = 17,5 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$$

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

ХМ-91ш 6.050503

3.2 Розрахунок швидкості псевдозрідження та початку винесення частинок.

Діаметр частинок	$d_{\text{част}} = 0,5 \text{ мм};$
Щільність частинок	$\rho_{\text{част}} = 2710 \text{ кг/м}^3;$
Щільність повітря за нормальних умов	$\rho_{\text{возд}} = 1293 \text{ кг/м}^3;$
Порізність спокійного шару частинок (3, стор.116)	$\varepsilon_0 = 0,38;$
Коефіцієнт неправильної форми частинок	$\Phi = 0,9;$
В'язкість повітря на виході із сушарки	$\mu_t = 19,27 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с};$

Визначимо критерій Архімеда

$$Ar = \frac{g \cdot d^3 \cdot (\rho_{\text{част}} - \rho_{\text{сп}})}{v_t^2 \cdot \rho_{\text{сп}}} = \frac{9,81 \cdot (0,5 \cdot 10^{-3})^3 \cdot (2710 - 1,101)}{(17,5 \cdot 10^{-6})^2 \cdot 1,101} = 1084444$$

Визначимо значення коефіцієнта ψ

$$\psi = \frac{\Phi^3 \varepsilon_0^3}{(1 - \varepsilon_0)^2} = \frac{0,9^3 \cdot 0,38^3}{(1 - 0,38)^2} = 0,104,$$

Визначимо

$$Ar \cdot \psi = 1084444 \cdot 0,104 = 112782,$$

Отже, модифікований критерій Рейнольдса, який відповідає швидкості псевдозрідження:

$$Re_0^I = \frac{0,275 \cdot (1 - \varepsilon_0)}{\Phi} \cdot (\psi \cdot Ar)^{0,57} =$$

$$= \frac{0,275 \cdot (1 - 0,38)}{0,9} (0,104 \cdot 112782)^{0,57} = 143,6,$$

При $Ar > 83 \cdot 10^3$ знаходимо режим руху, відповідний винесення частинок:

$$Re_0^{II} = 1,74 \cdot Ar^{0,5} = 1,74 \cdot 1084444^{0,5} = 1811,98,$$

Визначимо швидкість псевдозрідження:

$$\omega_{\text{пс}} = \frac{Re_0^I}{d} \cdot v_t = \frac{143,6}{0,5 \cdot 10^{-3}} \cdot 17,5 \cdot 10^{-6} = 0,52 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

Визначимо швидкість винесення твердих частинок:

$$\omega_{\text{ун}} = \frac{Re_0^{II}}{d} \cdot v_t = \frac{1811,98}{0,5 \cdot 10^{-3}} \cdot 17,5 \cdot 10^{-6} = 3,62 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

3.3 Розрахунок числа псевдозрідження частинок та робочої швидкості.

Порізність киплячого шару $\varepsilon = 0,75$ (4, стр 14),

Критерій Рейнольдса при швидкості витання частинок

$$Re_{\text{вит}} = \frac{Ar \cdot \varepsilon^{4,75}}{18 + 0,61 \cdot \sqrt{Ar \cdot \varepsilon^{4,75}}} = \frac{1084444 \cdot 0,75^{4,75}}{18 + 0,61 \cdot \sqrt{1084444 \cdot 0,75^{4,75}}} = 711,29,$$

									Арк.
									17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ХМ-91ш 6.050503				

Тоді дійсна (робоча) швидкість повітря:

$$\omega_{\text{ВИТ}} = \frac{Re_{\text{ВИТ}} \cdot \nu_t}{d} = \frac{711.29 \cdot 17,5 \cdot 10^{-6}}{0,0005} = 2,49 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

Дійсна кількість псевдозрідження

$$k_\omega = \frac{\omega_{\text{ВИТ}}}{\omega_{\text{ПС}}} = 4,8.$$

3.3 Розрахунок діаметра апарату.

Площа перерізу верху шару

$$F = \frac{V}{3600 \cdot (\omega_{\text{ВОЗД}})_{\text{ОПТ}}},$$

Рейнольдс за оптимальної швидкості

$$Re_{\text{ОПТ}} = 0,22 \cdot Ar^{0,52} = 0,22 \cdot 10844444^{0,52} = 302,5,$$

Також

$$Re_{\text{ОПТ}} = \frac{(\omega_{\text{ВОЗД}})_{\text{ОПТ}} \cdot d}{\nu_t},$$

Отже,

$$302,5 = \frac{(\omega_{\text{ВОЗД}})_{\text{ОПТ}} \cdot 0,0005}{17,5 \cdot 10^{-6}},$$

Звідки знаходимо

$$\begin{aligned} (\omega_{\text{ВОЗД}})_{\text{ОПТ}} &= 1,06 \frac{\text{м}}{\text{с}}. \\ F &= \frac{372,6}{3600 \cdot 1,06} = 0,098 \text{ м}^2, \end{aligned}$$

Тоді діаметр решітки дорівнюватиме:

$$D_p = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,098}{3,14}} = 0,378 \text{ м},$$

Приймаємо діаметр решітки $D_p=380\text{мм}$.

Площа перерізу сепараційного простору

$$F_{\text{СЕП}} = 1,1 \cdot F \cdot \frac{(\omega_{\text{ВОЗД}})_{\text{ОПТ}}}{\omega_{\text{ВИТ}}} = 1,1 \cdot 0,098 \cdot \frac{1,06}{2,49} = 0,046 \text{ м}^2,$$

Тоді діаметр апарату дорівнюватиме

						Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ХМ-91ш 6.050503	

$$D_{\text{ап}} = \sqrt{\frac{G}{0,785}} = \sqrt{\frac{378,2}{0,785}} = 0,396 \text{ м,}$$

Приймаємо діаметр апарату $D_{\text{ап}}=400$ мм.

3.4 Визначення висоти киплячого шару.

Приймаємо діаметр отворів розподільних ґрат

$$d_0 := 2.5 \text{ мм}$$

Висота гідродинамічної стабілізації шару

$$H_{\text{ст}} = 20 \cdot d_0 = 20 \cdot 2.5 = 50 \text{ мм,}$$

Висота шару матеріалу

$$H = 4 \cdot H_{\text{ст}} = 5 \cdot 50 = 200 \text{ мм,}$$

Висота сепараційного простору

$$H_c = 5 \cdot H = 5 \cdot 200 = 1000 \text{ мм.}$$

Приймаємо загальну висоту сепараційного простору апарату 1000 мм.

Число отворів у розподільній решітці визначають за рівнянням

$$n = \frac{d^2 F_c \cdot S}{\pi \cdot d_0^2} = \frac{2^2 \cdot 0.05}{0,0025^2} = 32000 \text{ отв.}$$

де

S — переріз розподільних ґрат, чисельно рівний перерізу сушарки, $0,046 \text{ м}^2$;

F_c — частка живого перерізу решітки, що приймається в інтервалі від 0,02 до 0,1;

d_0 — діаметр отворів.

Застосовуємо розташування отворів у розподільних ґратах по кутах рівносторонніх трикутників. При цьому поперечний крок t' та поздовжній крок t'' обчислюють за такими співвідношеннями:

Поперечний крок:

$$t' = 0,95 d_0 F_c^{-0.5} = 0,95 \cdot 0,0025 \cdot 0,05^{-0.5} = 0,0087 \text{ м.}$$

Поздовжній крок

$$t'' = 0,866 \cdot t' = 0,866 \cdot 0,0087 = 0,0075 \text{ м.}$$

3.5 Розрахунок гідравлічного опору ґрат.

Опір шару дорівнюватиме:

$$\Delta p_{\text{сл}} = H_{\text{сл}} \cdot \rho_m \cdot (1 - \varepsilon) \cdot g = 0,2 \cdot 2710 \cdot (1 - 0,75) \cdot 9,8 = 2655,8 \text{ Па}$$

де

$H_{\text{сл}}$ — висота шару, прийняли 200 мм,

ρ_m — щільність матеріалу,

ε_0 — порізність нерухомого шару.

Для задовільного розподілу газового потоку необхідно дотримуватись певного співвідношення між гідравлічними опорами шару та решітки. Мінімально допустимий гідравлічний опір решітки ΔP_{min} може бути обчислено за формулою

					Арк.
					19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ХМ-91ш 6.050503

$$\Delta P_{min} = \Delta p_{сл} K_w^2 (\varepsilon - \varepsilon_0) / [(K_w^2 - 1)(1 - \varepsilon_0)]$$

Порізність нерухомого шару ε_0 для кулястих частинок приймають рівною 0,4.
Підставивши відповідні значення, отримаємо:

$$\Delta P_{min} = \frac{2655,8 \cdot 1,3^2 \cdot (0,75 - 0,4)}{(1,3^2 - 1) \cdot (1 - 0,4)} = 423,9 \text{ Па,}$$

Гідравлічний опір вибраної решітки

$$\Delta P_p = \zeta \left(\frac{\omega}{F_c} \right)^2 \frac{\rho_1}{2}$$

де

Коефіцієнт опору решітки $\zeta = 1,75$,

$\rho_1 = 0,94 \text{ кг/м}^3$ – щільність повітря за температури шару,

$\omega = 2,49 \text{ м/с}$ – робоча швидкість повітря.

Тоді

$$\Delta P_p = 1,75 \left(\frac{2,49}{0,05} \right)^2 \frac{0,94}{2} = 539 \text{ Па.}$$

Значення $\Delta P_p = 1039 \text{ Па}$ перевищує мінімально допустимий гідравлічний опір решітки P_{min} .

Загальний гідравлічний опір сушарки дорівнює:

$$\Delta P = 539 + 2655,8 = 3195,6 \text{ Па.}$$

4.4 Підбір допоміжного устаткування.

4.1 Вибір газодувки.

Об'ємна витрата повітря на виході:

$$Q = \frac{V}{\rho} = \frac{0,105}{0,97} = 0,108 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}.$$

де

V - обсяг продуктивності повітрям,

ρ - щільність повітря на вході в сушарку.

По гідравлічному опору та об'ємній витраті вибираємо газодувку ТВ-25-1,1 [Зс. 42], для якої:

натиск 10000 Па,

продуктивність $Q = 0,833 \text{ м}^3/\text{с}$,

число обертів $n = 48,3 \text{ с}^{-1}$,

електродвигун потужністю 22 кВт.

4.2 Підбір живильників.

Годинна об'ємна продуктивність установки:

$$Q = \frac{G}{\rho_H} = \frac{100}{1440} = 0,07 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}.$$

де

									Арк.
									20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ХМ-91ш 6.050503

$\rho_n = 1400 \text{ кг/м}^3$ – насипна щільність [1с. 511].
G = 100 кг/ч – продуктивність установки за годину.
Для завантаження установки вибираємо гвинтовий живильник типу ПВ-0,2 з наступними характеристиками [4 с.26]:
продуктивність – 0, м³/час,
габаритні розміри (В*L*Н) – 1237*730*572 мм,
діаметр валу – 50 мм,
потужність приводу – 0,25 кВт.

Для розвантаження установки вибираємо шлюзовий живильник типу ПШ1-1 [4с. 27] з наступними характеристиками:
продуктивність – до 1,5 ÷ 5 м³/час,
об'єм ротора – 2.5÷2.8 дм³,
потужність приводу – 1 кВт.

4.3 Вибір калорифера.

Початкові дані:

Витрата повітря $Q = 0,4 \text{ м}^3/\text{с}$,
Температура $t = 60 \text{ }^\circ\text{C}$.

Повітря вводиться в нижню частину сушарки.

Тиск вихідного повітря та уад шаром матеріалу атмосферний.

Матеріал є частинками,

щільність яких $\rho_m = 800 \text{ кг/м}^3$,

середній розмір $d_q = 0,0005 \text{ м}$,

фактор форми $\Phi = 0,8$.

Висота нерухомого шару матеріалу $H = 0,2 \text{ м}$,

Порізність $\epsilon = 0,75 \text{ м}^3/\text{м}^3$.

Внутрішній діаметр сушарки $D = 0,38 \text{ м}$.

На трубопроводі є чотири коліна під кутом 90° та одна засувка.

Робоча швидкість повітря в апараті $\omega_0 = 2,49 \text{ м/с}$,

Швидкість псевдозрідження $\omega_{\text{пс}} = 0,52 \text{ м/с}$.

Визначаємо стан (нерухомий або псевдозріджений) шару.

Визначимо критерій Рейнольдса у шарі за формулою:

$$Re = \frac{2}{3} \cdot \frac{\Phi}{(1 - \epsilon)} Re_0 = \frac{2}{3} \cdot \frac{0,8}{(1 - 0,75)} \cdot 60,73 = 125,6,$$

де

$$Re_0 = \frac{\omega_0 \cdot d_q \cdot \rho}{\mu} = \frac{2,49 \cdot 0,0005 \cdot 0,94}{19,27 \cdot 10^{-6}} = 60,73,$$

де

$\rho = 0,94$ – щільність повітря за температури $t = 60 \text{ }^\circ\text{C}$,

$\mu = 19,26 \cdot 10^{-6} \text{ Па}$ ·- в'язкість повітря за температури $t = 60 \text{ }^\circ\text{C}$.

									Арк.
									21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				ХМ-91ш 6.050503	

Розрахуємо загальний коефіцієнт гідравлічного опору λ за формулою:

$$\lambda = \frac{133}{Re} + 2,34 = \frac{133}{125,6} + 2,34 = 3,37.$$

Гідравлічний опір шару було знайдено раніше і одно

$$\Delta p_{сл} = 2655,8 \text{ Па.}$$

Загальний гідравлічний опір сушарки було розраховано вище:

$$\Delta P_a = 3195,6 \text{ Па.}$$

Приймемо швидкість повітря у трубопроводі $\omega = 10 \text{ м/с}$.

Тоді діаметр трубопроводу дорівнюватиме:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot \omega}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,11}{3,14 \cdot 10}} = 0,118 \text{ м,}$$

Вибираємо сталевий трубопровід зовнішнім діаметром 133 мм та товщиною стінки 4 мм..

Тоді внутрішній діаметр $d_B = 0,125 \text{ м}$.

Фактична швидкість у трубі

$$\omega_\phi = \frac{Q \cdot 4}{(\pi \cdot d_B)^2} = \frac{0,11 \cdot 4}{(3,14 \cdot 0,125)^2} = 2,85 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

Критерій Рейнольдса для потоку у трубопроводі:

$$Re_T = \frac{\omega \cdot d_B \cdot \rho}{\mu} = \frac{2,85 \cdot 0,125 \cdot 0,94}{19,27 \cdot 10^{-6}} = 41768.$$

Приймемо, що труби були в експлуатації, мають незначну корозію. Тоді абсолютна шорсткість труби $\Delta = 0,15 \text{ мм}$.

Отримаємо відносну шорсткість труби:

$$e = \frac{\Delta}{d_B} = \frac{0,15 \cdot 10^{-3}}{0,125} = 12 \cdot 10^{-4},$$

Перевіряємо зону тертя:

$$\begin{aligned} \frac{1}{e} &= \frac{1}{12 \cdot 10^{-4}} = 833, \\ 10 \frac{1}{e} &= 10 \cdot \frac{1}{12 \cdot 10^{-4}} = 8330, \\ 560 \cdot \frac{1}{e} &= 560 \cdot \frac{1}{12 \cdot 10^{-4}} = 466667, \end{aligned}$$

Перевіряємо зону тертя:

$$\frac{10}{e} < Re < \frac{560}{e},$$

Отримали:

$$8330 < 41768 < 466667,$$

Отже, обрано зону змішаного тертя.

Таким чином, розрахунок λ слід проводити для зони змішаного тертя за формулою

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(e + \frac{68}{Re} \right)^{0,25} = 0,11 \cdot \left(12 \cdot 10^{-4} + \frac{68}{17378} \right)^{0,25} = 0,029.$$

									Арк.
									22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ХМ-91ш 6.050503

Визначимо коефіцієнти місцевих опорів:

- 1) вхід у трубу (приймаємо з гострими краями): $\zeta_1 = 0,5$;
- 2) засувка для $d = 0,125$ м $\zeta_2 = 0,2$;
- 3) коліно: $\zeta_3 = 1,1$;
- 4) вихід із труби: $\zeta_4 = 1$.

Сума коефіцієнтів місцевих опорів:

$$\sum \zeta = \zeta_1 + \zeta_2 + 4 \cdot \zeta_3 + \zeta_4 = 0,5 + 0,2 + 4 \cdot 1,1 + 1 = 6,1.$$

Гідрравлічний опір трубопроводу за формулою:

$$\Delta p_T = \left(\frac{\lambda \cdot l}{d_B} + \sum \zeta \right) \cdot \frac{\rho \cdot \omega^2}{2} = \left(\frac{0,029 \cdot 15}{0,125} + 6,1 \right) \cdot \frac{0,94 \cdot 2,85^2}{2} = 36,52 \text{ Па.}$$

Надлишковий тиск, який повинен забезпечити вентилятор для подолання гідрравлічного опору апарату та трубопроводу, дорівнює:

$$\Delta p = \Delta p_a + \Delta p_T = 3195,6 + 36,54 = 3232,14 \text{ Па.}$$

Таким чином, потрібний вентилятор середнього тиску.

Корисну потужність його знаходимо за формулою:

$$N_n = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H = Q \cdot \Delta p = 0,11 \cdot 3232 = 355 = 0,36 \text{ кВт.}$$

Приймаючи ККД передачі $\eta_n = 0,6$,

$$\text{ККД насоса } \eta_n = 1,$$

Знайдемо потужність електродвигуна насоса:

$$N = \frac{N_n}{\eta_n \cdot \eta_n} = \frac{0,36}{1 \cdot 0,6} = 0,59 \text{ кВт.}$$

За табл. 9 та 10 Додатка 1.1 знаходимо, що отриманим даним найкраще задовольняє вентилятор Ц1-8500.

Продуктивність вентилятора $Q = 2,36 \text{ м}^3/\text{с}$,

Перепад тиску $\Delta p = 3280 \text{ Па}$,

Кількість оборотів $n = 46,7 \text{ с}^{-1}$.

4.4 Вибір циклону.

Початкові дані:

кількість очищеного газу за робочих умов $Q_0 = 0,091 \text{ м}^3/\text{с}$;

щільність газу за робочих умов $\rho_g = 1,158 \text{ кг}/\text{м}^3$;

щільність пилу матеріалу за робочих умов $\rho_p = 1930 \text{ кг}/\text{м}^3$;

динамічна в'язкість газу при робочій температурі $\mu_t = 22,22 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$;

дисперсний склад пилу, що задається двома параметрами

$$d_m = 5 \text{ мкм}$$

$$\lg \sigma_{\text{ч}} = 0,283;$$

запиленість газу $C_{\text{вх}} = 10 \text{ г}/\text{м}^3$;

щільність частинок $\rho_{\text{ч}} = 2700 \text{ кг}/\text{м}^3$;

необхідна ефективність очищення газу $\eta = 80 \%$.

Розрахунок циклонів проводиться методом послідовних наближень у такому порядку:

1. Задавшись типом циклону (ЦН-15У), таблиці 2.8 [1] визначаємо оптимальну

										Арк.
										23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ХМ-91ш 6.050503

швидкість газу в апараті $\omega_{\text{опт}} = 3,5$ м/с.

2. Визначаємо необхідну площу перерізу циклону, м²:

$$F = \frac{Q_p}{\omega_{\text{опт}}} = \frac{0,091}{3,5} = 0,026 \text{ м}^2.$$

3. Визначаємо діаметр циклону, задаючись кількістю циклонів $N = 1$ шт.:

$$D = \sqrt{\frac{F}{0,785 \cdot N}} = \sqrt{\frac{0,026}{0,785 \cdot 1}} = 0,181 \text{ м}.$$

Діаметр циклону округляємо до значення, вказаного у таблиці 2.2 [1].

У разі $D = 0,2$ м.

1. Обчислюємо дійсну швидкість газу в циклоні, м/с:

$$\omega = \frac{Q_p}{0,785 \cdot N \cdot D^2} = \frac{0,091}{0,785 \cdot 1 \cdot 0,2^2} = 2,95 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Швидкість газу в циклоні має відхилитися від оптимальної більш ніж 15%.

У разі відхилення становить 14 %, що припустимо.

1. Приймаємо за таблицею 2.10 коефіцієнт гідравлічного опору, що відповідає даному циклону: $\zeta^{(M)}_{4500} = 155$.

K_1 - поправочний коефіцієнт на діаметр циклону, що визначається за таблицею 2.11:

$$K_1 = 1;$$

K_2 - поправочний коефіцієнт на запиленість газу, що визначається за таблицею 2.12:

$$K_2 = 0,92;$$

K_3 - коефіцієнт, що враховує додаткові втрати тиску, що визначається за таблицею 2.13:

$$K_3 = 35$$

$$\zeta = k_1 \cdot k_2 \cdot \zeta_{4500}^{(M)} + k_3 = 0,92 \cdot 0,9 \cdot 155 + 35 = 163,3.$$

1. Визначаємо втрати тиску в циклоні, Па:

$$\Delta p = \zeta \frac{\rho \cdot \omega^2}{2} = 163,3 \cdot \frac{1,158 \cdot 2,95^2}{2} = 823 \text{ Па}.$$

2. Приймавши за таблицею 2.8 два параметри, що характеризують ефективність обраного типу циклону, визначаємо значення параметра d_{50} за робочих умов (діаметр циклону, швидкість потоку, щільність пилу, динамічна в'язкість газу) за рівнянням:

$$d_{50} = d_{50}^T \cdot \sqrt{\left(\frac{D}{D_T}\right) \cdot \left(\frac{\rho_{\text{ч}}}{\rho_{\text{г}}}\right) \cdot \left(\frac{\mu}{\mu_T}\right) \cdot \left(\frac{\omega_T}{\omega}\right)} = \\ = 6 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,2}{0,6}\right) \cdot \left(\frac{2710}{1930}\right) \cdot \left(\frac{19,27 \cdot 10^{-6}}{22,22 \cdot 10^{-6}}\right) \cdot \left(\frac{3,5}{2,95}\right)} = 4,2,$$

де

$$d_{50}^T = 6 \text{ мгм},$$

										Арк.
										24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ХМ-91ш 6.050503

$$\lg \sigma_{\eta}^T = 0,283;$$

щільність частинок - $\rho_{\text{ч}} = 2700 \text{ кг/м}^3$

щільність пилу матеріалу за робочих умов $\rho_{\text{г}} = 1930 \text{ кг/м}^3$;

динамічна в'язкість газу при робочій температурі $\mu_{\text{г}} = 22.22 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$;

3. Визначаємо параметр X за формулою:

$$X = \frac{\lg \frac{d_{\text{м}}}{d_{50}}}{\sqrt{\lg^2 \sigma_{\eta} + \lg^2 \sigma_{\text{ч}}}} = \frac{\lg \frac{5}{4,2}}{\sqrt{10,283 + 0,4}} = 0,189.$$

4. Визначаємо за таблицею 1.11 значення $\Phi(X)$, що є повним коефіцієнтом очищення газу, вираженим у частках:

$$\Phi(0,189) = 0,5793,$$

5. Фактичний ступінь очищення, %:

$$\eta = 50[1 + \Phi(x)] = 50 \cdot (1 + 0,5793) = 78,96\%.$$

Підбираємо циклон ЦН-15-200x1УП.

Умовне позначення:

Ц-циклон; Н-конструкція НДІОЗАЗу; цифри по тирі: перша (200) - внутрішній діаметр циліндричної частини циклону (мм); друга (після знака множення) – кількість циклонів у групі; У – удосконалений; П – пірамідальна форма бункера.

Для проектування та побудови циклону необхідні геометричні розміри. Для цього використовуємо "Співвідношення розмірів (у частках внутрішнього діаметра)":

Внутрішній діаметр вихлопної труби $D_{\text{вих}} = 0,6 \cdot D = 0,6 \cdot 200 = 120 \text{ мм}$,

Висота циліндричної частини циклону

$$H_{\text{ц}} = 2,26 \cdot D = 2,26 \cdot 200 = 452 \text{ мм},$$

Висота конуса циклону

$$H_{\text{к}} = 2,0 \cdot D = 2,0 \cdot 200 = 400 \text{ мм},$$

Висота зовнішньої частини вихлопної труби

$$H_{\text{в}} = 0,66 \cdot D = 0,66 \cdot 200 = 132 \text{ мм}$$

Загальна висота циклону

$$H = 120 + 452 + 400 + 132 = 984 \text{ мм}.$$

Таблиця 1 - Технічна характеристика Циклону ЦН -15-200 × 1УП

Типорозмір циклону	Площа перерізу циліндричної частини корпусу (групи корпусів), м ²	Продуктивність, м ³ /год		Робочий об'єм бункера, м ³
		при V=2,5 м/с	при V=4 м/с	
ЦН-15-200 × 1УП	0,0314	283	452	0.04

5.1 Монтаж розробленого апарата

Розроблений апарат має бути розташований вертикально. Це пов'язано з особливостями конструкції. Розміщення центру мас вимагає використовувати для постановки будь-які наявні механізми, а саме: на опори лебідки з підйомником, або звичайний кран та інші.

Усе починається з підготовки фундаменту для постановки. Фундамент має бути витривалим до довготривалих навантажень і мати можливість утримувати апарат без коливань на його лапах. Зміцнення конструкції опори потрібне тільки в

тому випадку, коли стійкість фундаменту занадто низька. Найкращим вибором буде буде фундамент із бетонною кладкою, бетон поліпшений домішками щебеню і каменю. Обов'язково апарат має стояти на рівній поверхні.

Запас деталей у монтажній зоні не повинен перевищувати 2 - змінної потреби. Обов'язково потрібно враховувати, що складання вузлів має проводитися без втручання в монтаж апарата, тобто не заважати.

Розрівнявши фундамент і заливши його відповідним матеріалом потрібно встановити опори і лапи. Лапи повинні щільно прилягати до фундаменту, а опори приварені у відповідних місцях. Для додаткового зміцнення дозволяється приварити арматуру до основної опори.

За допомогою підйомного механізму або ручних талів встановлюється апарат. Він піддається вивіренню по осях, допустимими вважаються: $x \pm 2$ мм для апаратів, що стоять групами, 1 ± 5 мм для апаратів, що стоять окремо.

Основна увага під час монтажу має бути приділена щільності фланцевих з'єднань. Встановлення прокладок на місце має проводитися дуже ретельно, робоча поверхня фланців має бути очищена від бруду та іржі [17].

Сама прокладка прив'язується до фланця за допомогою ниток. Це робиться для того, щоб для того, щоб прокладка не змістилася. Мідні та сталеві необхідно очистити від іржі, бруду, окалини. Металеві у свою чергу не повинні мати зовнішніх пошкоджень.

Ширина металевих прокладок не повинна бути на 0,1 - 0,2 мм меншою за ширину паза [17].

Деякі прокладки, наприклад: паронітові, слід проварювати в рослинній олії не вище 300 0C до моменту розм'якшення.

Болти мають бути в ідеальному стані, обов'язково мати в належному стані різьблення і головки. Повинні бути без порізів, вм'ятин, тріщин. Затягувати потрібно рівномірно, спочатку хрестоподібно під кутом 900 і потім по колу [17].

Слід зазначити, що під гайки болтів рекомендується ставити шайби. Для апаратів, що працюють при тиску до 50 ат. і температурах до 435 0C, застосовуються болти, виготовлені зі сталі марок 35 і 40 і гайки зі сталі 25 і 30 за ГОСТ 1050-57. За більш високих тисків і температур застосовують болти зі сталі 30ХМА і гайки зі сталі 35Х. Змонтований апарат піддається гідравлічним випробуванням [17].

					ХМ-91ш 6.050503	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

5.2 Ремонт апарату

Технічний - ремонт, який проводився б у процесі для забезпечення працездатності обладнання. Тут можна відзначити такі роботи: заміна сальникової набивки, очищення і промивання ковпачкових маслянок

Ремонт сушарки (апарату) киплячого шару:

Склад робіт: роз'єднати фланцеві стики, зняти трубну обв'язку, оглядове скло, кришки люків, форсунки. скла, кришки люків, форсунки, кришку апарата, верхню і середню секції сушарки запобіжну мембрану, перфоровану решітку. Встановити заглушки. Очистити, промити, протерти і розбракувати деталі, дефектні замінити. Виготовити комплект прокладок. Встановити перфоровану решітку, запобіжну мембрану, 37

Середню і верхню частини сушарки, кришку сушарки, форсунки, кришки люків, оглядове скло.

Зняти заглушки. З'єднати фланцеві стики, встановити трубну обв'язку. Випробувати апарат і здати його в експлуатацію[17; 7].

										Арк.
										27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ХМ-91ш 6.050503

5. Охорона праці

Технологічний процес отримання сульфату амонію повинен проводитися відповідно до вимог таких документів:

- "Загальні правила вибухобезпеки для вибухопожежонебезпечних хімічних, нафтохімічних і нафтопереробних виробництв", затверджених 06.09.88 г. Держтехнаглядом України;

- "Правила улаштування підприємств...", затверджених наказом Міністерства машинобудування України № 109с від 28.03.95 р. та ін. Для кожного промислового виробництва складається нормативно-технічна документація, у якій вказується характеристика властивостей продукту, що переробляється, вихідної сировини та допоміжних матеріалів;

- "Правила експлуатації підприємств...", затверджених наказом Міністерства оборонної промисловості України № 93 ДСП;

- "Правила захисту від статичної електрики у виробництвах галузі", затверджені наказом Міністра від 12.04.93 р;

- аналітичний та автоматичний контроль виробництва;

- відходи виробництва, стічні води та викиди в атмосферу: їхній склад, способи утилізації або очищення та порядок скидання;

- можливі неполадки технологічного процесу, їх причини та способи усунення;

- норми технологічного режиму із зазначенням гранично допустимих відхилень;

- опис технологічного процесу зі схемою виробництва;

- основні правила пуску, безпечного ведення процесу та зупинки обладнання;

- перелік інструкцій, знання яких є обов'язковим для осіб, які ведуть технологічний процес і які обслуговують дане виробництво. 39

- правила аварійного зупинення виробництва;

Від працівників вимагається точне дотримання умов безпеки праці для особистого захисту. Ухилення від пунктів правил і нерозуміння техніки безпеки може стати причиною трагедій. Тому варто за всяку ціну дотримуватися пунктів вище зазначених документів. Цей апарат - це дуже небезпечна установка за рахунок температурних процесів, які в ньому виникають, саме тому важливо дотримуватися правил.

					ХМ-91ш 6.050503	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок

Загальна частина розглянула важливі аспекти, пов'язані з сушінням з використанням киплячого шару. Вибір методу сушіння залежить від типу матеріалу, його складу та вологості, а також від технічних можливостей і вимог до якості продукту. Класифікація сушарок із киплячим шаром дає змогу визначити різні типи цих апаратів, які можуть бути використані для різних матеріалів.

Переваги сушарок з киплячим шаром охоплюють високу ефективність, швидке сушіння, рівномірний розподіл тепла і вологи, можливість контролю процесу сушіння. Однак, недоліки можуть включати складність в обслуговуванні, високі витрати на енергію, можливість виникнення пилових викидів.

Застосування сушарок з киплячим шаром широке і може охоплювати такі галузі, як харчова промисловість, фармацевтика, хімічна промисловість, виробництво високоякісних матеріалів і багато інших.

Опис конструкції апарата і принцип роботи є важливим етапом для розуміння принципу функціонування сушарок з киплячим шаром. Він може включати такі елементи, як камера сушіння, нагрівальна система, вентиляційна система, система подачі матеріалу і система видалення вологи.

Для вибору оптимальної схеми сушіння може бути корисним вивчення патентної документації, що охоплює різні варіанти сушіння з використанням киплячого шару. Це може допомогти вибрати оптимальний варіант з урахуванням конкретних вимог і потреб.

					<i>ХМ-01 6.05050315 03 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		29

Список використаної літератури

1. Конушенко А.С. Розрахунок і проектування сушильних установок харчової промисловості. - М.: Агропромиздат, 2006. - 336 с.
2. Табачний А.Ф., Дмитрюк А.А. Сушіння та охолодження цукру-піску в псевдозрідженому шарі - М.: Харчова промисловість, 2003. - 100 с.
3. Павлов К.Ф., Романченко П.Г., Носков А.А. Приклади і задачі з курсу процесів і апаратів хімічної технології. -Л.: Хімія, 2001. - 560 с.
- 4 Основні процеси та апарати хімічної технології: Посібник з проектування / Г.С. Борисов, В.П. Бриков, Ю.І. Дитнерський та ін. Під ред. Ю.І. Дитнерського, 2-е изд., перераб. і доповн. -М.: Химия, 1991. - 496 с.
- 5.Маньковський О.М., Полянський А.Р., Александров Н.В. Теплообмінна апаратура хімічних виробництв. - Л.: Хімія, 1999. - 458 с.
- 6.Проблеми апаратурного забезпечення виробництва будівельних матеріалів, виробів і конструкцій. Тези міжнародної конференції "Ресурсозбереження технології будматеріалів", ,1993.
- 7.Рисін С.А. Вентиляційні установки машинобудівних заводів. Довідник. - М.: Машинобудування, 1995. - 704 с.
- 8.Техніка пиловловлювання та очищення промислових газів: Довід. вид. Ашев Г.М.-М.: Металургія,1993. - 544 с.
- 9.Фільтри для уловлювання промислових пилів / М.Г. Мазус, А.Д. Мальгін, Н.Л. Моргулін. - М.: Машинобудування, 1995. - 239 с.
- 10.Романков П.Г., Рашковська Н.Б. Сушіння в підвішеному стані - Л.: Хімія, 1999. - 272 с.
11. Гребенюк С.М. Технологічне обладнання цукрових заводів. - М.: Легка і харчова промисловість, 1993. - 520 с.
12. <http://vseslova.com.ua/word>
13. <http://slovopedia.org.ua/94/53402/1026943.html>
14. https://bt.rozetka.com.ua/fruit_vegetable_dryers/c80697/

					ХМ-91ш 6.050503	Арк. 30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		