

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ



Державний біотехнологічний університет

**Методичні вказівки
до виконання практичного заняття:**

**БУДОВА І ПРИНЦИП ДІЇ ВАКУУМ-АПАРАТУ
ДЛЯ ЗГУЩЕННЯ МОЛОКА**

з дисципліни: «Спецобладнання та обладнання малих
переробних і харчових виробництв»

Для студентів денної та заочної форми навчання

Затверджено
на засіданні кафедри обладнання та
інжинірингу переробних і харчових
виробництв
Протокол №18 від 27.04.2023р.

Затверджено
на засіданні методичної ради
факультету мехатроніки та
інжинірингу
Протокол №4 від 04.05.2023р.

Харків – 2023

П.В.Гурський, О.В.Богомолов, С.А.Денисенко, С.Г.Івашенко,

Будова і принцип дії вакуум-апарату для згущення молока: Методичні рекомендації та завдання щодо виконання практичної роботи студентам денної та заочної форми навчання. - Х.: ДБТУ, 2023. - 16 с.

Рецензенти:

Михайлов В.М., доктор технічних наук, професор, проректор з наукової роботи (Державний біотехнологічний університет)

Артьомов М.П., доктор технічних наук, професор, зав.кафедри оптимізації технологічних систем ім. Т.П. Євсюкова (Державний біотехнологічний університет)

Методичні вказівки призначені для набуття практичних навичок при виконанні практичної роботи навчальної дисципліни «Спецобладнання та обладнання малих переробних і харчових виробництв».

У методичних вказівках пропонується короткий огляд основних характеристик, будови та принципу дії харчового спеціального обладнання та обладнання малих підприємств.

Призначені для студентів вищих навчальних закладів технічних спеціальностей.

© Гурський П.В., Богомолов О.В.,
Денисенко С.А., Івашенко С.Г., 2023

© Державний біотехнологічний
університет, 2023

ПРАКТИЧНА РОБОТА №6

Тема: Будова і принцип дії вакуум-апарату для згущення молока.

Мета: Вивчення конструкції, принципу дії, експлуатації вакуум-апарату.

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Вакуум-випарної апарат циркуляційного типу.

Вакуум випарні установки (ВВУ) призначені для концентрації молока з цукром, без цукру, підсирної і сирної сироватки.

Установки багато-ступінчасті, вертикальні, плівкового типу, з поверхневим конденсатором.

Установки працюють на принципі плівкового випарювання або так званого стікання плівки, який забезпечує ефективність теплообміну, короткий час перебування продукту в установці, низький вплив на продукт температури гріючої пари, і випарювання і тим самим якість готового продукту.

При проектуванні установки використано багато способів для економії тепла та інших енергійних витрат.

Теплообмінник для підігріву продукту, що надходить на випарювання вторинною парою дає подвійний ефект економить тепло знижуючи витрату свіжої пари на установку, а також розвантажує конденсатор, знижуючи кількість сконденсованої в ньому пари, тим самим зменшуючи навантаження на градирню.

Вибір типу конденсатора - поверхневого замість барометричного, що також застосовується в процесі, виконано з точки зору зручності в експлуатації. Його застосування виключає, зокрема, забруднення води, що охолоджує і інші проблеми при експлуатації.

Для підігрівання продукту, що надходить на випарювання вторинною парою використовуються кожухотрубні теплообмінні апарати замість змійовикових, що дуже часто використовуються в промисловості. Змійовики мають великі

недоліки в експлуатації, особливо для молочних продуктів. Кожухотрубний теплообмінник можна відкривати, оглядати, ремонтувати, в той час якщо щось трапилося зі змійовиком, єдиним виходом є ізолювати його і працювати без нього, погіршуючи параметри всієї установки.

Робота установки автоматизована, задані параметри для кожного продукту, в тому числі концентрація на виході підтримуються в рамках заданих величин. Також автоматично регулюються температура пастеризації молока, конденсація вторинних парів. Задається і регулюється витрата продукту, що надходить в установку.

Миття установки здійснюється шляхом подачі миючих розчинів і води на вхід установки і їх відведення з установки. Установка оснащена своєю системою трубопроводів і миючих головок для здійснення процесу автоматичного миття.

Випарні труби і інше в апаратах виконано з неіржавіючої сталі, внутрішні поверхні, що контактують з продуктом і зовнішні поверхні всіх апаратів виконані з поліруванням.

Вакуум-випарний апарат циркуляційного типу складається з підігрівачів, калоризатора, паровіддільника (сепараторів), конденсатора, конденсатовідвідника і вакуум-насоса. До складу установки (рис. 1) входять: підігрівачі, в яких продукт підігрівається; випарник (калоризатор), в якому продукт підзгущується за рахунок випарювання вологи; паровіддільник (сепаратор) 2, в якому від рідини відокремлюється вторинний пар; конденсатор для конденсування вторинних парів 4; конденсатовідвідник або насос для відкачування повітря (вакуумування), вакуум-насос або ежекторна станція для видалення повітря [2].

Вакуум-випарна установка має три трубчастих підігрівача, в які подається сироватка на попереднє підігрівання. У міжтрубний простір подається пара для нагрівання продукту. У підігрівач першого ступеня надходить вторинна пара температурою 50 °С, в підігрівач другого ступеня - вторинна пара, температурою 68 °С, а в підігрівач пароповітряна суміш температурою 100 °С.

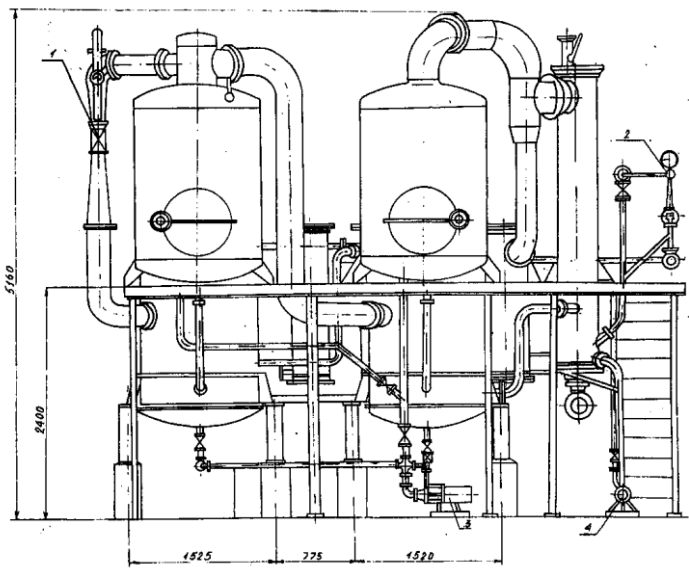
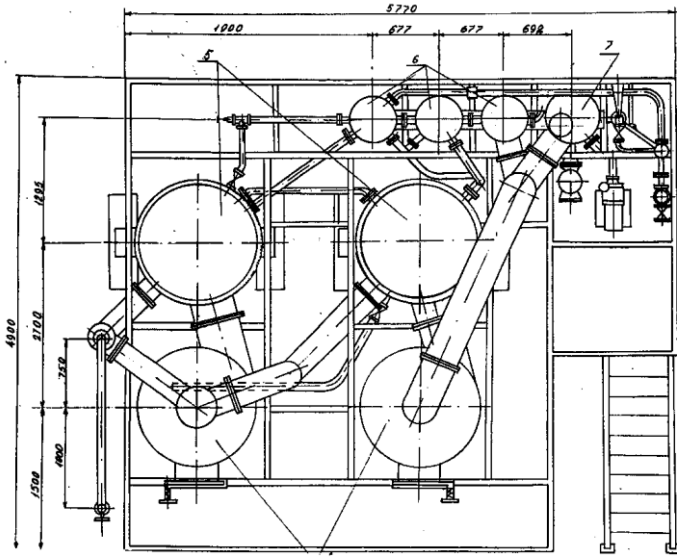


Рис. 1. Двокорпусна вакуум-випарна установка циркуляційного типу: 1 - термокомпресор (інжектор); 2 - ежекторний блок; 3 - насос для згущеного молока; 4 - насос для конденсату; 5 - паронагрівачі (калоризатори); 6 - трубчасті підігрівачі; 7 - конденсатор; 8 - паровіддільники (сепаратори)

Вторинна пара, утворена в першому корпусі, служить гріючим агентом для другого корпусу установки, частину її направляють в підігрівач, решта пари надходить в інжектор 1 (рис. 2), де відбувається її термокомпресія. Після термокомпресії, вторинна пара змішана з гострою парою, використовується в якості гріючого агента для калоризатора першого корпусу.

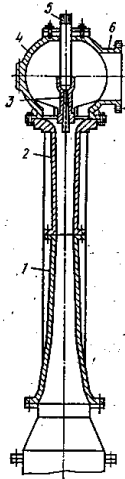


Рис. 2. Інжектор: 1 - дифузор (камера стиснення); 2 - камера змішування; 3 - сопло; 4 - камера всмоктування; 5 - патрубок для входу гострого пара; 6 - патрубок для входу вторинного пара

При використанні вторинної пари, що надходить з другого корпусу, в підігрівачі для нагрівання сироватки частина її конденсується, тому в поверхневий конденсатор 4 направляється порівняно невелика кількість пари, яка не встигла сконденсуватися в підігрівачі першого ступеня. Для визначення вакууму на конденсаторі 4 встановлений вакуумметр 5.

Вакуум в установці створюється і підтримується системою ежекторів (пароструминних вакуум-насосів). Ежектор першого ступеня використовується тільки на початку роботи для створення попереднього вакууму в системі.

Пароповітряна суміш з нього викидається в атмосферу. Коли установка виходить на робочий режим шиберна заслінка б закривається. Двоступеневий ежектор 2 (рис. 3) є робочим. У період пуску установки пароповітряна суміш з нього викидається в атмосферу, а в робочий період ця суміш надходить в підігрівач.

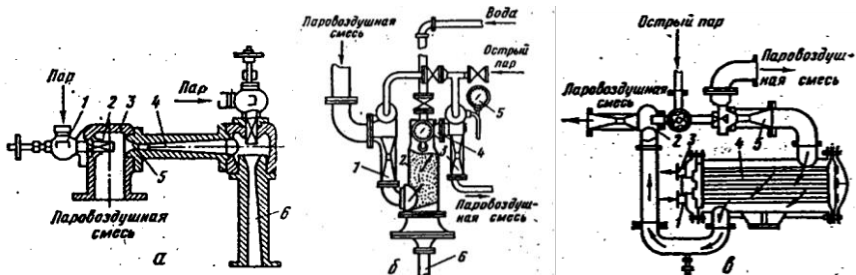


Рис. 3. Двоступеневі ежектори: а - без проміжного конденсатора: 1 - паровий вентиль; 2 - сопло; 3 - камера всмоктування; 4 - дифузор (камера стиснення); 5 - ежектор першого ступеня; 6 - ежектор другого ступеня; б - з проміжним конденсатором змішання: 1 - ежектор першого ступеня; 2 - конденсатор змішання; 3 - ежектор другого ступеня; 4 - вакуумметр; 5 - манометр; 6 - спускна труба; в - з проміжним поверхневим конденсатором: 1 - патрубок для входу води; 2 - ежектор другого ступеня; 3 - патрубок для виходу води; 4 - поверхневий конденсатор; 5 - ежектор першого ступеня

Система відведення конденсату з калоризатора, підігрівачів і конденсатора працює наступним чином. З калоризатора першого корпусу конденсат через підпірну шайбу переходить в калоризатор другого корпусу. Потім через підпірну шайбу надходить в конденсатор 4, з якого конденсат, зібраний з калоризатора, підігрівача другого ступеня і зібраний в конденсаторі, відводиться вакуум-насосом.

При роботі вакуум-випарної установки сироватка надходить в підігрівач, потім переходить в підігрівачі. З підігрівача сироватка потрапляє в калоризатор першого

корпусу. Частково підзгущена сироватка з сепаратора першого корпусу через дросельний клапан переходить в калоризатор другого корпусу. Згущена до необхідної концентрації сироватка з сепаратора другого корпусу через дросельний клапан безперервно відкачується насосом. Температура процесу згущення в сепараторах 2 контролюється за допомогою термометрів 3.

Випарювання йде при температурі в I корпусі – 65 °С, в II корпусі – 50...55 °С. Перевагою випарювання під вакуумом є скорочення втрат теплоти в навколишнє середовище і збільшення корисної різниці температур гріючої пари і киплячого продукту. Це дозволяє зменшити поверхню теплообміну і габаритні розміри апарата. У міру концентрування змінюються фізико-хімічні властивості продукту: температура кипіння, теплопровідність, теплоємність, в'язкість й інше. З ростом концентрації сухих речовин зменшується теплопровідність і теплоємність продукту і збільшується в'язкість. При цьому поліпшуються умови тепловіддачі від поверхні нагрівання апарату до киплячого продукту.

Вакуум-випарна установка працює таким чином

Холодне молоко з температурою 4 °С подається спочатку у перший трубчатий підігрівач, нагрівається до температури 40 °С, за допомогою вторинної пари з другого паровіддільника з температурою 50 °С. Молоко йде на другий трубчатий підігрівач і нагрівається до температури 58 °С за допомогою вторинної пари з першого паровіддільника з температурою 68 °С. У третьому підігрівачі молоко підігрівается до температури 86 °С за допомогою гострої пари, яка поступає з термокомпресора з температурою 100 °С.

Подачу молока регулюють краном. У процесі випарювання молоко кипить при температурі 68 °С, випаровується і з паровіддільника першої ступені самопливом переливається у пароутворювач другої ступені, де кипить при температурі 50 °С. Для регулювання кількості частково

згущеного молока, поступаючого у другий корпус, на перепускному трубопроводі встановлений дросельний клапан. У другій ступені випаровування молоко згущується і після досягнення заданої концентрації сухих речовин продукт безперервно відкачується з паровіддільника насосом.

В установці є пароструминний термокомпресор, до сопла якого підводиться суха насичена пара. Утворена у першому корпусі вторинна пара використовується у двох напрямках: для підігрівання пароутворювача другої ступені та на термокомпресор. Суміш гострої і вторинної пари з термокомпресора іде на підігрівання пароутворювача першої ступені з температурою 85 °С.

Вторинна пара з температурою 50 °С утворюється у другому корпусі, подається спочатку у перший підігрівач для нагрівання молока. Несконденсована у підігрівачі вторинна пара далі надходить у поверхневий конденсатор, в якому конденсується охолоджуючою водою.

Третій підігрівач обігрівается відпрацьованою парою від двоступеневого паро-ежекторного блоку. Пара іде з температурою 100 °С. Утворений у підігрівачі конденсат відкачується.

Утворений в пароутворювачі конденсат спочатку відводиться у поверхневий конденсатор, а з нього відкачується насосом.

Цим же насосом видаляється конденсат з трубопроводів, в яких встановлені підпорні шайби-конденсатовідвідники з діаметром отворів 31; 45; 8; 14; 7 мм. Ці отвори розраховані також і на видалення повітря з нагрівача.

Міжтрубний простір підігрівача знаходиться під атмосферним тиском.

Конденсат з між трубного простору відводиться безпосередньо у каналізацію.

Видалення повітря, проникаючого у систему, відбувається з конденсатора за допомогою двоступеневого паро-ежекторного блоку та пускового пароструминного ежектора.

Підготовка, до початку роботи

До початку роботи вакуум-апарат збирають. При цьому закривають всі крани, люки, кришки, вентиля. Пробні крани, впускні крани, перевіряють стан освітлювальних ламп, наявність охолоджувальної води на конденсатор, наявність тиску гострої пари, справність контрольно-вимірювальних приладів, конденсатовідвідників, вакуум-насоса наявність у необхідній кількості сировини, що згущається. Перевірку роблять по заздалегідь розробленому плану-схемі перевірки.

Пуск

Вмикають рідинно-кільцевий вакуум-насос ВВН-3, який дає розрідження в системі та перевіряють її герметичність по вакуумметру. Подають охолоджувальну воду на конденсатор. При стійкому вакуумі подають молоко у пароутворювач.

Після цього відкривають вентиль подачі гострої пари на термокомпресор.

При нормальній циркуляції продукт повинен покривати поверхню нагріву, а рівень його не повинен перевищувати рівня циркуляційної трубки.

Принцип дії

Кількість сировини, що подається на випарювання, регулюється таким чином, щоб вона дорівнювала кількості випареної вологи. При цьому не повинно бути виникнення піни, так як в результаті укусу, краплини продукту з вторинним паром забруднюють термокомпресор. Це призводить до втрати продукту.

Під час згущення контролюють наступні показники:

- рівень киплячого продукту в апараті;
- тиск охолоджувальної води, що подається на конденсатор, повинен бути 0,13...0,17 МПа;
- розрідження на конденсаторі 0,08...0,095 МПа;
- тиск гострої пари 0,8 МПа;
- температуру гострої пари;
- рівень конденсату;

- ступінь згущення продукту.

Зупинка

Для зупинки вакуум-апарату припиняють подачу гріючої пари у пароутворювач, закривають вентиль подачі охолоджувальної на конденсатор, відкривають повітряний кран для порушення вакууму в установці. Насосом для згущеного молока швидко відкачують суміш з апарату відкривши зливний кран.

Для запобігання пригару продукту на поверхнях нагрівання випарника їх охолоджують зовні шляхом розбризкування холодної води, що подається у між трубний простір пароутворювача. Це сприяє швидкій конденсації пари, що залишилась у цьому просторі.

Ефективний час роботи вакуум-випарної установки за добу складає 20 годин.

ЗАВДАННЯ:

На підставі набутих знань з будови та принципу роботи вакуум-апарату виконати функціональну схему. Вказати на схемі точки контролю. Описати послідовність регулювання вакуум-апарату.

ХІД РОБОТИ:

1. Інструктаж з безпеки праці на робочому місці.
2. Вивчити методичні рекомендації до роботи.
3. Описати область застосування вакуум-апарату.
4. Описати підготовку вакуум-апарату для пуску, пуск, зупинку, миття.
5. Навести функціональну схему вакуум-апарату.
6. Вказати на схемі точки контролю.
7. Описати регулювання вакуум-апарату.

ЗМІСТ ЗВІТУ:

1. Тема роботи. 2. Мета роботи. 3. Підготовка вакуум-апарату до пуску, пуск, зупинка, миття. 4. Схема розбирання калоризатора вакуум-апарату. 5. Функціональна схему вакуум-апарату з точками контролю. 6. Опис регулювальних вузлів вакуум-апарату.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ:

1. В чому полягають особливості встановлення вакуум-апарату?
2. Які роботи виконують перед пуском в роботу вакуум-апарату?
3. Які деталі вакуум-апарату є швидкозношуваними, чому?
4. Вказати послідовність розбирання калоризатора вакуум-апарату.
5. В чому полягає налагодження вакуум-апарату?
6. Назвіть основні несправності вакуум-апарату та способи їх усунення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості / В.Г.Мирончук, І.С. Гулий, М.М. Пушанко, Л.О. Орлов та ін. За ред. доктора технічних наук, професора Мирончука В.Г. – Вінниця : Нова книга, 2007 – 648 с.

1. Експлуатація та обслуговування обладнання переробних і харчових виробництв./ Богомолів О.В., Гурський П.В., Денисенко С.А. та ін. Навчальний посібник. – Харків: «Міськдрук», 2014. – 254 с.

2. Монтаж, ремонт, наладка обладнання молочної промисловості / Гурський П.В., Перцевий Ф.В., Тіщенко Л.М., Богомолів О.В. та ін. За ред. Перцевого Ф.В., Гурського П.В. – Харків: ХДУХТ. – 2001.– 230 с.

3. Промислові технології переробки м'яса, молока та риби: Підручник/ Перцевий Ф.В., Терешкін О.Г., Гурський П.В., Янчева М.О. та ін. - ІНКІОС. – Київ. – 2014. –340 с.

4. Курсове та дипломне проектування обладнання переробних і харчових виробництв: Навчальний посібник/ Богомолів О.В., Гурський П.В., Богомоліва В.П. - ХНТУСГ. – Харків: Еспада. – 2005. –432 с.

5. Технологія переробки молока: Навчальний посібник/ Гурський П.В., Перцевий Ф.В., Тіщенко Л.М., Богомолів О.В.та ін. Під загальною редакцією Перцевого Ф.В., Гурського П.В. Харків.: ХДУХТ. – 2006. –320 с.

6. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях в дипломному проектуванні переробних і харчових виробництв / Богомолів О.В., Гурський П.В., Денисенко С.А. та ін. - Харків: ХНТУСГ. – 2013. – 185 с.

Додаткова

1. Гальперин Д.М. Монтаж и наладка оборудования предприятий пищевой промышленности. Справочник. – М.: Агропромиздат, 1988. – 320 с.

2. Илюхин В.В. Монтаж, наладка и ремонт оборудования предприятий молочной промышленности. М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1984. – 264 с.

Навчальне видання

Гурський П.В.

Богомолов О.В.

Денисенко С.А.

Іващенко С.Г.

**Методичні вказівки
до виконання практичного заняття:
БУДОВА І ПРИНЦИП ДІЇ ВАКУУМ-АПАРАТУ ДЛЯ
ЗГУЩЕННЯ МОЛОКА**

з дисципліни

«Спецобладнання та обладнання малих переробних і харчових
виробництв»

Для студентів денної та заочної форми навчання

Комп'ютерний набір та верстка: П.В.Гурський

Підп. до друку 05.05.23

Формат паперу 60x84 1/16 Обл. - вид. арк. 1,5

Тираж 100

Ризограф TR 1510 № 80654645

ДБТУ, 61001, м. Харків, пр. Героїв Харкова 45, кім.212

Підготовлено та надруковано кафедрою «Обладнання та
інжинірингу переробних і харчових виробництв»
Державного біотехнологічного університету

